الدكتور عايش زيتون

علم حياة الإنسان

HUMAN BIOLOGY

بيولوجيا الإنسان





علم حياة الإنسان

بيولوجيا الإنسان

تأليف

الدكتور عايش زيتون



2008

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿لقد خلقنا الإنسان في أحسن تقويم﴾

صدق الله العظيم

(التين : ٤)

رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنية

(١٣٢٦/١٢/١٩٩٣)

رقم الايداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(1996/7/949)

574

زيتون، عايش محمود زيتون
علم حياة الانسان- بيولوجيا الانسان - ط2 / عايش محمود زيتون .
عمان: دار الشروق، 1996
(576) ص
ر. إ. : 1996/7/949
الواصفات: العلوم الطبيعية//علم الاحياء - البيولوجيا/

• تم اعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

ISBN 978-9957 - 00 - 069-1 (ردمك)

- علم حياة الإنسان بيولوجيا الانسان- .
- تأليف : الدكتور عايش زيتون .
- الطبعة العربية الأولى : الإصدار الرابع 2008 .



دار الشروق للنشر والتوزيع
هاتف 4618190 / 4618191 / 4624321 فاكس 4610065
ص.ب : 926463 عمان - الاردن الرمز البريدي 11118
Email : shorokjo@nol.com.jo

دار الشروق للنشر والتوزيع
رام الله المصيون نهاية شارع مستشفى رام الله
هاتف 2975632 - 2991614 - 2975633 فاكس 02/2965319
Email : shorokpr@palnet.com

■ الاخراج الداخلي وتصميم الغلاف وفرز الألوان و الأفلام :
دائرة الإنتاج / دار الشروق للنشر والتوزيع
هاتف : 4618190/1 فاكس 4610065 / ص.ب. 926463 عمان - الاردن (11118)

محتويات الكتاب

الفصل الثاني
مستويات التنظيم في جسم الانسان

الفصل الثالث
المستوى الخلوي : الخلية

الفصل الرابع
المستوى النسيجي : الأنسجة الحيوانية

الفصل الخامس
الجلد – غطاء الجسم

الفصل السادس
الهيكل العظمي

الفصل السابع
الهيكل العضلي

الفصل الثامن
الجهاز العصبي

الفصل التاسع
جهاز الغدد الصماء

الفصل العاشر
الجهاز الدوري

الفصل الحادي عشر
الجهاز التنفسي

الفصل الثاني عشر
الجهاز الهضمي

الفصل الثالث عشر
الجهاز البولي

الفصل الرابع عشر
الجهاز التناسلي

الفصل الخامس عشر
الوراثة في الانسان

الفصل السادس عشر
الانسان وبيئته

المقدمة

إنّ الفكرة الأساسية لهذا الكتاب هو : **الانسان الكائن الحي** نفسه الذي يهم أمره القارىء والباحث ، والمعلم (المربي) ، والأستاذ الجامعي ، والطبيب ، والمهندس ، والمحامي ، والقاضي ، والتاجر ، والمزارع ، والأم والأب ... وغيرهم من القارئين المهتمين الذي يتعاملون (باستمرار) مع الانسان والنفس الانسانية ويجدون اهتماماً وميولاً علمية بيولوجية شيقة في التعرف إلى **علم حياة الانسان وبيولوجيته** .

وعليه ، يهدف هذا الكتاب بشكل أساسي إلى تعريف القارىء (والباحث) وكل الراغبين في المعرفة العمليّة والثقافية البيولوجية الانسانية **بعلم حياة الانسان** بوجه عام **وبيولوجية الانسان** بشكل خاص بما فيه تشريح جسمه ، وفسيولوجية أجهزته وأعضائه سواء بسواء . ويتطلب هذا الهدف بداية ، تبيان **هُوِّية الانسان وموقعه بيولوجياً في سلم تصنيف الكائنات الحية** بوجه عام والمملكة الحيوانية بشكل خاص . ولتحقيق ذلك ، جاء الكتاب مبوباً في ستة عشر فصلاً ؛ يتحدث الفصل الأول عن **الانسان – الكائن الحي** نفسه **وهويته البيولوجية** ، وموقعه بين الكائنات الحية المتنوعة – ممالك وقبائل – وصفاته البيولوجية ومميزاته .

ويبحث الفصل الثاني في **المستوى التنظيمي لجسم الانسان** من حيث : **البروتوبلازم** (مادة الحياة) والعناصر والمركبات (العضوية وغير العضوية) المكونة للبروتوبلازم . ويعالج الفصل الثالث **المستوى الخلوي – الخلية** في التنظيم البيولوجي الانساني من حيث : التركيب والوظيفة ، والنشاطات الحيوية والبيوفيزيائية التي تقوم بها الخلية . ويدرس الفصل الرابع **المستوى النسيجي** لجسم الانسان (الأنسجة الحيوانية) بأنواعها المختلفة وهي : الأنسجة الطلائية ، والعضلية ، والعصبية ، والضامة (الرابطة) ، والوعائية .

ويبحث كل من الفصل : (الخامس والسادس والسابع والثامن والتاسع والعاشر والحادي عشر والثاني عشر والثالث عشر والرابع عشر) **بيولوجياً وتشريحياً وفسيولوجياً – في أجهزة جسم الانسان العشرة** وهي على الترتيب : الجلد – غطاء الجسم (الحماية) ، والهيكل العظمي (الدعامة) ، والهيكل العضلي (الحركة) ،

والجهاز العصبي (الاحساس والتآزر) ، وجهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني – الاتزان) ، والجهاز الدوري (النقل) ، والجهاز التنفسي (تبادل الغازات وانتاج الطاقة) ، والجهاز الهضمي (الهضم والامتصاص) ، والجهاز البولي (الاخراج) ، والجهاز التناسلي (التكاثر) .

ويعالج الفصل الخامس عشر **موضوع الوراثة في الانسان** من حيث : الصفات الوراثية في الانسان (الجسمية والمرتبطة بالجنس والأمراض الوراثية) ،ومجاميع الدم ، والعامل الرايزيسي، والتطبيقات العملية للوراثة في الانسان ، وحل المسألة الوراثية ، والعلاقة بين الوراثة والبيئة . من هنا ، جاء الفصل السادس عشر (الأخير) ليبحث في **بيئة الإنسان** من حيث : البيئة ، والنظام البيئي ومكوناته ، والعلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية (الاتزان والتوازن البيئي) ، والمشكلات البيئية (السكان والغذاء والتلوث والمبيدات وانتشار الأسلحة النووية) ، ودور الانسان في المحافظة على البيئة وصيانة مواردها .

وعليه ، أؤمّل أن يجد القارىء (والباحث) وكل الراغبين في المعرفة البيولوجية (علم حياة الانسان – بيولوجيا الانسان) الفائدة العلميّة البيولوجية المتوخاة والحافزة لهم على الاستزادة في التقصّي والبحث في مجال **علم حياة الانسان وبيولوجيته** سواء بسواء . هذا ، ولمّا كان الجهد (والعلم) الانساني ناقصاً مهما بلغ الكمال (والعلم) الانساني (فالكمال لله وحده) ، فإنيّ شاكر مقدماً ، ومفتوح العقل والقلب لكل الملاحظات والانتقادات البنّاءة التي يُثيرها (القارىء) ويزودني بها لأغراض تطوير الكتاب وتحسينه في المستقبل ... إذ إنّه **« وما أوتيتم من العلم إلاّ قليلاً »** .

المؤلف

الأستاذ الدكتور عايش زيتون

كلية العلوم التربوية

الجامعة الأردنية

عمّان – الأردن

الفصل الأول

الانسان

الكائن الحي وموقعه بين الكائنات الحيّة

نحاول في هذا الفصل تحديد **هويّة الانسان** (بيولوجياً) **وموقعه** بين الكائنات الحيّة المتنوعة ، وذلك من خلال الأجابة عن الأسئلة الرئيسيّة التالية :

الأول : ما هو البيولوجيا ؟ فيم يبحث ؟ وما هي فروعه ؟

الثاني : ما هي مستويات التنظيم البيولوجي في الكائنات الحية المتنوعة بوجه عام وفي الانسان بشكل خاص ؟

الثالث : كيف تتنوع الكائنات الحيّة ؟ وما هي تصنيفاتها ؟ وكيف يتم تقسيمها ؟ وما خصائصها وصفاتها البيولوجية ؟

الرابع : أين يقع الانسان في سلّم تصنيف الكائنات الحية المتنوعة؟

الخامس : ما الصفات البيولوجية التي يتميز بها الانسان عن بقية الكائنات الحية ؟

وما موقعه (بيولوجياً) بين الكائنات الحية (الحيوانية) المتنوعة ؟

البيولوجيا :Biology

إنّ كلمة (بيولوجي) كلمة يونانية الأصل مكونة من مقطعين : الأول (Bios) ويعني (الحياة) ، والثاني (LogoS) ويعني علماً أو دراسة . وهكذا تعني كلمة (بيولوجي) علم الحياة أو العلوم الحياتية (الأحيائية) Biological Sciences . وعليه، فإنّ علم الحياة يبحث في دراسة الكائنات الحيّة من جميع أوجه نشاطاتها الحيوية

(السبع) التي تميز الكائن الحي (الإنسان) عن غيره من الكائنات (الموجودات) الأخرى . وهذه **النشاطات الحيوية** تتمثل في قدرة الكائن الحي (الإنسان) على القيام بالعمليات الحيوية التالية :

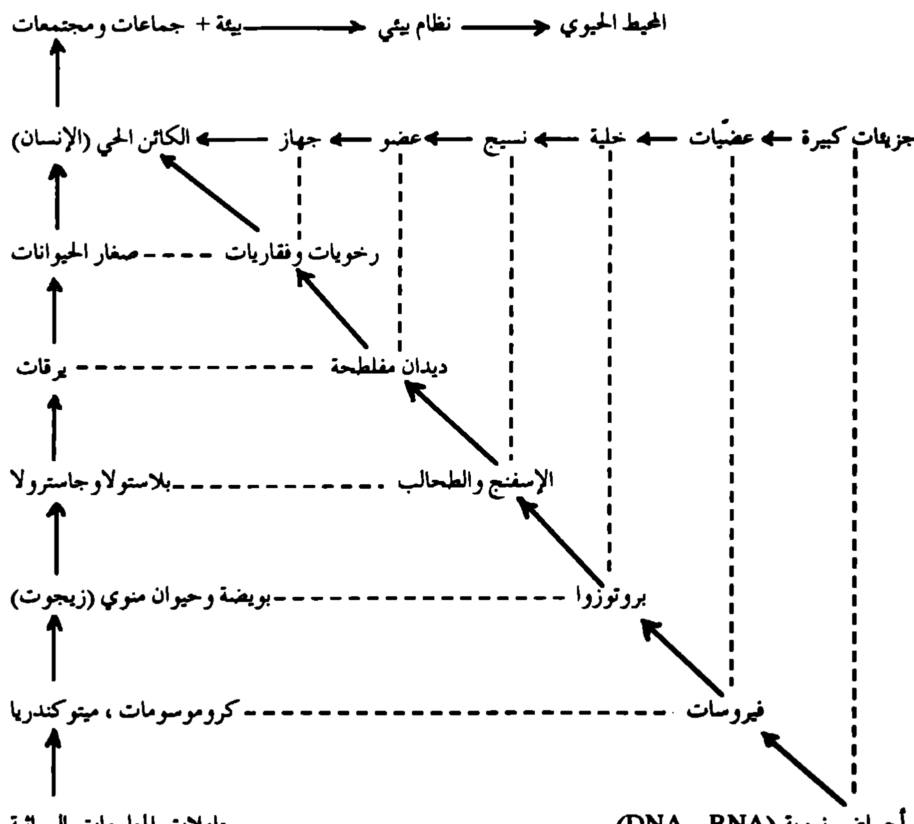
١- التغذية Nutrition ٢- النمو Growth ٣- التنفس Respiration ٤- الحركة Locomotion٥- الإخراج Excretion٦- التكاثر Reproduction ٧-الحس والإنفعال Sensetivity and irritability.

وعلم البيولوجيا ، علم واسع ومتداخل نتيجة لتطور المعرفة العلميّة البيولوجية ؛ ويُعتبر أكثر العلوم تفرعاً وتشعباً ، وتصنيفه إلى علوم وفروع مختلفة يسهل دراسته واستيعابه وتوثيقه . وهو يحوي فروعاً غاية في الدقة والتخصص لدرجة أنه يصعب علينا وضع حدود بين هذه الفروع التي تتزايد يوماً بعد يوم ، لكنّ دارسها أو المختص بها هو الذي يستطيع أن يحدّد طبيعة الفرع أو العلم الأحيائي . ومهما يكن الأمر ، فإنّ البيولوجيا يشمل علوماً كثيرة نذكر منها على سبيل المثال ما يلي : علم الشكل الخارجي ، والتشريح والفسيولوجيا ، والبيئة ، والوراثة ، والأجنة ، والخلية ، والأنسجة، والتطور، والتصنيف ، والميكروبيولوجي ، والسلوك ، وعلم الثدييات Mammalogy الذي ينتمي إليه الإنسان .

مستويات التنظيم البيولوجي

Levels of Biological Organization

إنّ وحدة التنظيم البيولوجي أو (نظام الحياة) هو أحد مميزات الحياة وسرّ من أسرارها . فعلى الرغم أنّ هناك حوالي (٣-٥) ملايين من أنواع الكائنات الحية على اختلاف أنواعها وأحجامها وأشكالها ، إلاّ أنّ هناك وحدة نظام وتنظيم واحدة تجمع هذه الكائنات الحية المختلفة . يبدأ هذا التنظيم البيولوجي (نظام الحياة) بمستويات بسيطة وينتهي بالكائن الحي المعقد (الإنسان) الذي يتفاعل مع بيئته ويعيش مع غيره في هذا الكون . والشكل (١-١) يبيّن مستويات التنظيم البيولوجي أو نظام الحياة (الخط الأفقي) مع أمثلة على كل مستوى : أحدهما (الخط القطري) يمثل الكائنات الحية التامة النمو ، والآخر (الخط العمودي) يمثل (أطواراً جنينية) من مراحل تطور الكائن الحي بما فيه الإنسان .



الشكل (١-١) : مستويات التنظيم البيولوجي

تتركب الجزيئات الكبيرة مثل (DNA وRNA) من وحدات تركيبيّة (السكر والقواعد النيتروجينية والفوسفات) تتألف في الأصل من مجموعة من الذرات لعناصر مختلفة لتكون جزيئات معقدة وظيفيّة تعمل على نقل المعلومات والشيفرة الوراثية من جيل إلى جيل ؛ وأن هذه الجزيئات مع غيرها تتحد معاً لتكوّن ما يُسمى بالعضيّات Organelles أو أجزاء خلوية مختلفة كالميتوكندريا والبلاستيدات والفيروسات . والفيروس ، كما يعتقد كثير من العلماء هو (كينونة) أو (كائن حي) يعتبر حلقة وصل بين الكائن الحي والجماد ؛ فهو ينمو ويتكاثر إذا وجد داخل الخلايا الحية ، لكنه يفقد هذه الصفات الحيوية إذا ما وجد خارجها أو بعيداً عنها.

ومجموعة العضيّات تعمل في نسق واحد لتشكل مستوى تركيبياً أو مستوى من

التعضّي يسمى (**الخلية**) Cell . وهناك كائنات حية تامة النمو مختلفة لا تزال موجودة في هذا المستوى ؛ فالكائنات الحية الأولية كالأميبا والبراميسيوم (البروتوزوا) واليوجلينا والبكتيريا وبعض الفطريات (الخميرة) لا تزال تعيش وترزق وتؤدي أعمالها الحيوية (السبعة) على هذا المستوى من التنظيم البيولوجي ؛ في حين نجد أجسام الكائنات الحية العديدة الخلايا (كالإنسان) مؤلفة من وحدات تركيبيّة وظيفية تسمى الخلايا . كما أن الخلايا (الجاميتات) التناسلية (كالبويضات والحيوانات المنوية) عبارة عن خلايا تتحد معاً لتكوين (الزيجوت) الذي يعتبر الخلية الأولى لحياة الكائنات الحية بما فيها الأنسان .

ومجموعة الخلايا المتشابهة في الحجم والشكل والتركيب والوظيفة ، تتحد وتتآزر معاً لتعطي مستوى جديداً من التنظيم البيولوجي يسمى (**النسيج**) Tissue . وهناك كائنات حية مختلفة لا تزال في هذا المستوى كالحيوانات الإسفنجية (الإسفنج) والجوفمعوية (الهيدرا) والطحالب . كما أن هناك أطواراً جنينيّة تقع في هذا المستوى كالبلاستولا والجاسترولا ، التي لا تلبث (الأخيرة) أن تتميز إلى طبقات ثلاث تؤدي في النهاية إلى تكوين الكائن الحي بما فيه الإنسان .

ومجموعة الأنسجة تتعاون معاً لتؤدي وظيفة أساسية واحدة أو أكثر ، لتكون مستوى بيولوجياً من التنظيم البيولوجي يُسمى(**العضو**) Organ . فالمعدة عضو ، والبنكرياس عضو ، والأمعاء عضو ، والكبد عضو ، والقلب عضو ، والمبيض عضو ... الخ . وكل عضو من هذه الأعضاء يتكون من نسيج أو أكثر له وظيفة خاصة بالتغذية أو الهضم على سبيل المثال . وهناك أحياء كثيرة توجد على هذا المستوى البيولوجي كالديدان المفلطحة والأسطوانية . كما توجد أطوار جنينيّة (كاليرقات) تقع في هذا المستوى التي لا تلبث أن تتطور لتكوّن الكائن الحي (الحشرة) في هذا المثال .

ومجموعة الأعضاء تتعاون معاً وتتآزر لتؤدي وظيفة أساسية للكائن الحي (الإنسان) وتعطي مفهوماً جديداً من التنظيم البيولوجي يسمى (**الجهاز**) System . فهناك الجهاز الهضمي (الهضم والإمتصاص) والجهاز البولي (الإخراج) والجهاز الدوري (النقل) والجهاز التناسلي (التكاثر) ... الخ . ومن أمثلة الكائنات الحية على

هذا المستوى الرخويات (الحلازين) وشوكية الجلد(نجم البحر) ومفصليات الأرجل (الحشرات والعناكب والعقارب والقشريات) والأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات وعلى رأسها الإنسان . أمّا الأطوار الجنينيّة ، فتتمثل في صغار الحيوانات والنباتات الراقية على اختلاف أحجامها وأشكالها التي لا تلبث أن تنمو وتكبر حتى تصل الحجم الطبيعي لنوعها .

وأخيراً ، **مجموعة الأجهزة** تتآزر لتشكل (**الكائن الحي**) Organism وعلى قمتها الإنسان . وحيث إنّ الإنسان وغيره من الكائنات الحية الأخرى لا يستطيع العيش في عزلة تامة ، فلا بد لها أن تعيش إمّا مع أنواع متشابهة أو مختلفة من الكائنات الحية الأخرى . وفي الحالة الأولى يطلق على المجموعة مفهوم الجماعة Population وفي الحالة الثانية يطلق عليها المجتمع Community . وهذه الجماعات أو المجتمعات ، تعيش في بيئة معينة تتناسب وطرق معيشتها وتكوّن ما يسمى بمفهوم **النظام البيئي** Ecosys-tem سواء كان هذا النظام البيئي مائياً أو جوياً أو أرضياً أو صحراوياً ؛ وكلها مجتمعة تقع ضمن مفهوم بيئي واسع يسمى **المحيط الحيوي** Biosphere . وللبقاء ، تتصارع هذه الكائنات الحيّة المختلفة فيما بينها على الغذاء والمسكن والمشرب والجنس ... للمحافظة على نفسها ونوعها إلى أن تموت وتتعفن أجسامها بفعل المحلّلات Decom-posers (كالبكتيريا والفطريات) وتتحلل إلى مكوناتها وعناصرها الأصلية لتستفيد منها كائنات حية أخرى ...(**كما بدأنا أول خلق نعيده)** . وباختصار ، مهما تنوعت الكائنات الحية واختلفت في أنواعها وأحجامها وأشكالها ، وتباينت في طرائق معيشتها، فإنّ هناك تنظيماً بيولوجياً واحداً يجمعها هو وحدة الحياة : من الجزيء إلى الكائن الحي (الإنسان) . ذلك الخيط المشترك الذي يمر عبر مستويات التنظيم البيولوجي / نظام الحياة، ويربطها ببعض ليدل على وحدة التركيب والوظيفة والإنقسام والإخراج والتكاثر والتنفس ووحدة الخلق . (فالإنسان) الكائن الحي المعقّد من جهة الذي يعيش في بيت مكون من غرف عديدة ، والأميبا الكائن الحي البسيط (أو غيرة) من جهة ثانية الذي يعيش في غرفة واحدة ، في كل منهما نشاطات حيوية واحدة تختلف في الظاهر وتتشابه في الأصل ، ظاهر الحياة يختلف وأسسها ثابت ...؛ وهكذا تتراأى وحدة الله في وحدة خلقه ، وقدرة الله في بديع صنعه .

هذا المستوى الرخويات (الحلازين) وشوكية الجلد(نجم البحر) ومفصليات الأرجل (الحشرات والعناكب والعقارب والقشريات) والأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات وعلى رأسها الإنسان . أماّ الأطوار الجنينيّة ، فتتمثل في صغار الحيوانات والنباتات الراقية على اختلاف أحجامها وأشكالها التي لا تلبث أن تنمو وتكبر حتى تصل الحجم الطبيعي لنوعها .

وأخيراً ، **مجموعة الأجهزة** تتآزر لتشكل (**الكائن الحي**) Organism وعلى قمتها الإنسان . وحيث إنّ الإنسان وغيره من الكائنات الحية الأخرى لا يستطيع العيش في عزلة تامة ، فلا بد لها أن تعيش إمّا مع أنواع متشابهة أو مختلفة من الكائنات الحية الأخرى . وفي الحالة الأولى يطلق على المجموعة مفهوم الجماعة Population وفي الحالة الثانية يطلق عليها المجتمع Community . وهذه الجماعات أو المجتمعات ، تعيش في بيئة معينة تتناسب وطرق معيشتها وتكوّن ما يسمى بمفهوم **النظام البيئي** Ecosys-tem سواء كان هذا النظام البيئي مائياً أو جوياً أو أرضياً أو صحراوياً ؛ وكلها مجتمعة تقع ضمن مفهوم بيئي واسع يسمى **المحيط الحيوي** Biosphere . وللبقاء ، تتصارع هذه الكائنات الحيّة المختلفة فيما بينها على الغذاء والمسكن والمشرب والجنس ... للمحافظة على نفسها ونوعها إلى أن تموت وتتعفن أجسامها بفعل المحلّلات Decom-posers (كالبكتيريا والفطريات) وتتحلل إلى مكوناتها وعناصرها الأصلية لتستفيد منها كائنات حية أخرى ...(**كما بدأنا أول خلق نعيده**) . وباختصار ، مهما تنوعت الكائنات الحية واختلفت في أنواعها وأحجامها وأشكالها ، وتباينت في طرائق معيشتها، فإنّ هناك تنظيماً بيولوجياً واحداً يجمعها هو وحدة الحياة : من الجزيء إلى الكائن الحي (الإنسان) . ذلك الخيط المشترك الذي يمر عبر مستويات التنظيم البيولوجي / نظام الحياة، ويربطها ببعض ليدل على وحدة التركيب والوظيفة والإنقسام والإخراج والتكاثر والتنفس ووحدة الخلق . (فالإنسان) الكائن الحي المعقّد من جهة الذي يعيش في بيت مكون من غرف عديدة ، والأميبا الكائن الحي البسيط (أو غيرة) من جهة ثانية الذي يعيش في غرفة واحدة ، في كل منهما نشاطات حيوية واحدة تختلف في الظاهر وتتشابه في الأصل ، ظاهر الحياة يختلف وأسسها ثابت ...؛ وهكذا تتراأى وحدة الله في وحدة خلقه ، وقدرة الله في بديع صنعه .

تنوّع الكائنات الحية The Diversity of life

نحاول في الصفحات التالية التحدث بشكل مختصر عن تنوّع الكائنات الحيّة التي تغمر الكرة الأرضية ؛ وسيكون مجال اهتمامنا إجراء مسح شامل (مختصر) للكائنات الحية على اختلاف أحجامها وأنواعها وبيئاتها ، وبالتالي نقدّم نظرة عامة مبسطة بقدر الامكان عن هذه الكائنات الحية المتنوعة التي تنتشر في بيئات متباينة على سطح الأرض ، ومنها نستطيع التوصل إلى تحديد **هُويّة الانسان بيولوجياً** بدرجة أكثر دقة ووضوحاً ....(فالضدّ يُظهر حسنه الضدّ).

تصنيف الكائنات الحيّة وتقسيمها

هناك عدد كبير من أنواع الكائنات الحيّة ، يقدّر عددها بحوالي ثلاثة إلى خمسة ملايين نوع ، تعيش في بيئات مختلفة متباينة في البرّ والبحر والجو . منها ما يتراوح بالصغر لدرجة لا تراه العين المجردة كالكائنات الحية الأولية ذات الخلية الواحدة، ومنها الكائنات الحية الضخمة الحجم كالحيتان والفيلة والأشجار والانسان .

وعليه ، لما كانت أسماء الكائنات الحية تختلف من بلد لآخر حتى ومن منطقة إلى أخرى في البلد الواحد ، بالإضافة إلى صعوبة دراسة هذه الكائنات الحية واستيعابها على انفراد ، إذن لا بد من وجود تصنيف معين أو لغة عالميّة يستطيع بها العالم أو الباحث في الأردن مثلا من الاتصال بعالم أو باحث آخر سواء في أمريكا أو أفريقيا للكتابة أو البحث حول كائن حي معين . لذا لجأ علماء البيولوجيا إلى تسمية وتصنيف الكائنات الحية وذلك باعطاء كل كائن حي **اسماً علمياً** Scientific name للتعرف إليه من جهة وتصنيفه ودراسته من جهة ثانية . وتصنيف الكائن الحي يعني وضع الكائنات الحية في مجموعات طبقاً لصفات عامة مشتركة ومعايير بيولوجية معينة بين أفراد كل مجموعة ؛ ثم تقسم كل مجموعة رئيسية إلى مجموعات أصغر منها فأصغر وهكذا دواليك .

وحسب نظام التصنيف الحديث ، اتبع العلماء نظاماً عالمياً يسمى **النظام الثنائي** Binomial System لتسمية الكائن الحي وتصنيفه . وعليه ، فالكائن الحي له اسم علمي خاص به ، وهو اسم عالمي لاتيني مكون من كلمتين : الأولى تدل على **الجنس**

Genus وتبدأ عادة بحرف كبير ، والثانية تدل على **النوع** Species وتبدأ عادة بحرف صغير. فالاسم العلمي للانسان مثلاً **Homo sapiens** ؛ وللقط **Felis domestica** ؛وللكلب **Canis familiaris** ؛ وللبرقوق **Prunus domes-tica** ؛ وللبرتقال **Citrus sinensis** وهكذا . كما اتفق العلماء على اعتبار **النوع الوحدة الأساسية للتصنيف** ؛ ولكي تُشكّل مجموعة من الكائنات الحية **نوعاً واحداً** ، ينبغي أن يتوافر فيها ثلاثة شروط هي :

١- الاشتراك في صفات بيولوجية معيّنة.

٢- التزاوج مع بعضها البعض .

٣- انتاج **نسل خصب** .

وعليه ، تُعتبر عائلة البغال حيوانات عقيمة لأنّها نتجت من نوعين مختلفين هما : الخيول والحمير (**والخيل والبغال والحمير لتركبوها وزينة**)، ولهذا تُعتبر في حكم المنقرضة بوجه عام . وقد يشمل النوع أفراداً تختلف عن بعضها اختلافاً بسيطاً فتوضع هذه الأفراد في مجموعة واحدة تُسمى **الصنف** Variety . هذا وأنّ الأنواع المتشابهة توضع في مستوى تصنيفي واحد يسمى **الجنس** Genus ، ومجموعة الأجناس المتشابهة توضع في مستوى تصنيفي آخر يسمى **العائلة** Family ، والعائلات المتشابهة توضع في مستوى تصنيفي يسمى **الرتبة** Order ، والرتب المتشابة في **صف أو طائفة** Class ، ومجموعة الصفوف أو الطوائف في **قبيلة أو شعبة** Phylum ، ومجموعة القبائل أو الشعب في **مملكة** Kingdam . وقد توجد مجاميع وسطية بين التصنيفات السابقة فيضاف المقطع « تحت » أو – Sub مثل تحت المملكة وتحت القبيلة وهكذا دواليك . وباختصار ، نلاحظ أنّ الكائنات الحية تتقارب وتتشابه من بعضها بيولوجياً كلما نزلنا في سلم التصنيف بينما تختلف وتتباعد بيولوجياً كلما صعدنا في سلم تصنيف الكائنات الحية .

ولتوضيح ما سبق ، يُصنف (**الإنسان**) في سلّم تصنيف الكائنات الحية كما يلي:

الإنسان – الإسم العلمي : **Homo sapiens**

المملكة : المملكة الحيوانية Kingdom : Animalia

القبيلة : قبيلة الحبليات Phylum : Chordata

تحت القبيلة : تحت قبيلة الحبليات (الفقارية)

Sub-phylum : Vertebrata

الصف : صف الثدييات Class : mammalia

الرتبة : رتبة الرئيسيّات Order : Primates

العائلة : عائلة الإنسان (البشريات) Family : Hominidae

الجنس : جنس الإنسان (الجنس البشري) Genus : Homo

النوع : نوع الإنسان (الإنسان العاقل) species : Sapiens

الإسم العلمي : Scientific name : **Homo sapiens**

وكمثال توضيحي آخر ، يُصنف نحل العسل Honey bee كما يلي :

نحل العسل – الاسم العلمي : Apis mellifica

المملكة : الحيوانية Kingdom : Animalia

القبيلة : مفصليات الأرجل Phylum : Arthropoda

الصف : الحشرات Class : Hexapoda

الرتبة : غشائية الأجنحة Order : Hymenoptera

العائلة : عائلة النحل Family : Apidae

الجنس : جنس النحل Genus : Apis

النوع : نوع النحل Species : millifica

وبالنسبة لتقسيم الكائنات الحيّة ، اعتاد العلماء أن يقسّموا الكائنات الحية إلى مملكتين هما : المملكة الحيوانية والمملكة النباتية . إلاّ أنّ هذا التقسيم يعتبر غير دقيق إذ

إنّ هناك كائنات حية كثيرة من الصعب تصنيفها تحت هاتين المملكتين ، فاليوجلينا -Eu glena له صفات نباتية كاحتوائه على مادة الكلوروفيل مما جعل علماء النبات يضعونه في المملكة النباتية ؛ وله صفات حيوانية كقدرته على الحركة وامتلاكه بقعة عينيّة تتأثر بالضوء مما جعل علماء الحيوان يضعونه في المملكة الحيوانية . وهكذا بالنسبة إلى عدد كبير من الكائنات الحية الأخرى . ولتلافي هذه الاختلافات والادعاءآت من جهةوتسهيل دراسة الكائنات الحية وتوثيقها من جهة ثانية ، تقسم الكائنات الحياة حسب النظام الحديث إلى خمس ممالك هي :

١- **مملكة البدائيات** Kingdom : monera

٢- **مملكة الطلائعيات** Kingdom: Protista

٣- **مملكة الفطريات** Kingdom: Fungi

٤- **المملكة النباتية** kingdom : Plantae

٥- **المملكة الحيوانية** kingdom : Animalia

وبناء عليه ، يعتقد علماء البيولوجيا أنه تشكل من الخلايا الأولى Per-Monera نوعان من الخلايا هما :

أ- خلايا بدون أغشية نووية Procaryotic Cells وتدعى خلايا البدائيات ، أعطت بالتالي مملكة البدائيات .

ب- خلايا بغشاء نووي Eucaryotic Cells وتدعى خلايا الطلائعيات ، ومنها تشعبت الأربع ممالك الأخرى .

وباختصار ، فإنّ الحد الفاصل بينهما هو كون أحد خطوط التطور خلية بدون غشاء نووي مميّز لها ، وخلية لها غشاء نووي مميز واضح . والجدول (١-١) يبين الفروق الأساسية بين هذين النوعين من الخلايا .

جدول رقم (١-١)

الفروق الأساسية بين : خلية بدون غشاء نووي وأخرى بغشاء نووي

الصفة	خلية بدون غشاء نووي	خلية بغشاء نووي
١- حجم الخلية :	صغير جداً، ١-١٠ ميكرون.	كبيرنسبياً، ١٠- ١٠٠ ميكرون.
٢- البنية الوراثية :	DNA بدون بروتين ، لا توجد كروموسومات .	DNA مع بروتين في الكروموسومات .
٣- انقسام الخلية :	ثنائي مباشر أو تبرعم ، لا يحدث فيها انقسام غير مباشر .	يحدث فيها انقسام غير مباشر والخيوط المغزلية موجودة .
٤- التكاثر الجنسي :	مفقود غالباً وإن وجد يكون متحوراً جداً .	غالباً موجود وفيها ذكور واناث مع جاميتات مذكرة وأخرى مؤنثة.
٥- التغذية :	الامتصاص،والتمثيل الكلورفيلي في بعضها .	الامتصاص ، تناول الغذاء ، والتمثيل الكلوروفيلي .. الخ .
٦- تحول الطاقة :	الميتوكندريا مفقودة ، وأنزيمات الطاقة تلتصق بالغشاء الخلوي مع اختلافات كثيرة في انتاج الطاقة.	الميتوكندريا موجودة تحتوي على الانزيمات اللازمة لتفاعلات انتاج الطاقة .
٧- الحركة السيتوبلازمية:	لا شيء	حركة سيتوبلازمية موجودة ، والابتلاع ... الخ .

بناء على ما تقدم ، نقدم فيما يلي **وصفاً مختصراً للمالك الخمس** التي تضم الكائنات الحية المتنوعة وهي كما يلي :

أولاً : مملكة البدائيات Kingdom : Monera

تضم هذه المملكة البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة Blue-Green algae . وتتألف هذه الكائنات من خلايا بسيطة جداً ؛ والمادة الوراثية فيها عبارة عن جزيء مستمر طويل من مادة ألْ DNA ؛ وتتميز هذه المادة الوراثية بعدم احتوائها على بروتين وتبدو على شكل كتلة داخل السيتوبلازم وليس على شكل خيوط كروموسومية وذلك لعدم احتوائها على نواة محددة بغلاف نووي كما هو الحال في خلايا الكائنات الحية الأخرى ؛ ولذلك نتوقع أن لا يحدث فيها انقسام غير مباشر أو انقسام اختزالي . والسيتوبلازم يحتوي على رايبوسومات صغيرة لكنه يفتقد الأجزاء الخلوية ذات الأغشية كالميتوكندريا وأجسام جولجي والليسوسومات والشبكة الاندوبلازمية . أما الخلية نفسها فهي محاطة بغشاء خلوي وجدار يختلف من حيث تركيبه الكيماوي عن جدر الخلايا الأخرى إذ إنّه مكوّن من مزيج من مادة خاصة من الكربوهيدرات العديدة التسكر والبروتين .

البكتيريا : Bacteria

تُعتبر البكتيريا من أقدم وأكثر الكائنات الحية وجوداً وانتشاراً ، فهي تنتشر في كافة أرجاء الأرض وتعيش في أوساط بيئية متباينة لا تستطيع الكائنات الحية الأخرى أن تعيش فيها ؛ فقد تعيش في المناطق الجليدية وفي مياه الينابيع الساخنة التي قد تصل درجة حرارتها درجة غليان الماء ، كما توجد في الظلام الدامس ،وفي أعماق البحار والمحيطات ونادراً ما يخلو منها الانسان ؛ لذا لا غرابة أن نجد بعضها تتجرثم وترقد في سبات عميق لعدة أعوام خاصة إذا ساءت الظروف البيئية حولها ، إلى أن تتهيأ لها ظروف مناسبة تستأنف عندها جميع نشاطاتها الحيوية .

يتركب جدار الخلية البكتيرية من مادة كربوهيدراتية عديدة التسكر مختلطة مع مواد دهنية وأخرى بروتينية ويندر وجود السليولوز الحقيقي فيها . هذا ، وقد يتحول الجدار الخارجي إلى مواد مخاطية سميكة لحمايتها من سوء البيئة المحيطة بها . أما محتويات الخلية فليس لها نواة حقيقية أو غشاء نووي كما أنّها تخلو من معظم الأجزاء الخلوية الموجودة في الخلايا ذات الغشاء النووي . وللبكتيريا أشكال مختلفة حسب

نوعها ، منها وحيدة الخلية ومنها ما يكّون مستعمرة أو يبدو على شكل خيوط دقيقة ؛ وبوجه عام تكون إما كروية أو لولبية أو عصويّة . وتتحرك البكتيريا بواسطة أسواط أو أهداب تبرز في بعض الحالات إما من طرف واحد من الخلية أو من طرفيها أو تبرز من جميع أجزاء الجسم .

تحصل البكتيريا على طاقتها بأكثر من طريقة منها ما يلي :

أ– بكتيريا ذاتية التغذية : وهي إما تغذية ذاتية كيماوية وتمثلها البكتيريا المؤكسدة لبعض المركبات غير العضوية مثل الكبريت أو الحديد ؛ أو تغذية ذاتية ضوئية وتمثلها البكتيريا التي تحتوي على مادة الكلورفيل وتشبه في ذلك إلى حد كبير النباتات والطحالب الخضراء .

ب– بكتريا غير ذاتية التغذية : وهي إما أن تعيش وتتطفل على الكائنات الحية الأخرى وتسبب لها بعض الأمراض كالكوليرا والسل والتيفوئيد أو تعيش مترمّمة على المواد العضوية الميتة ، وهذه لها أهمية كبيرة في الحياة .

هذا ، وعلى الرغم أنّ بعض أنواع البكتريا تسبب أمراضاً مختلفة للانسان والحيوان والنبات ، إلا أنّ لها **أهمية اقتصادية** كبيرة في الحياة نلخصها فيما يلي :

١– تحليل المواد العضوية الميتة إلى مركبات بسيطة يمكن للنباتات أن تستخدمها ثانية والاستفادة منها لبناء مواد غذائية جديدة ؛ كما تخلصنا من معظم الفضلات والكائنات الميتة التي لو بقيت لضاقت علينا الأرض بما رحبت .

٢– البكتيريا الموجودة في أجهزة الهضم للحيوانات المجترة خاصة أكلة الأعشاب ، لها القدرة على إفراز أنزيمات هاضمة تساعد الحيوان على هضم مادة السليولوز والاستفادة منها ؛ أما في الانسان فتعمل على تحليل وتعفين البراز في القولون وبالتالي التخلص منه بسهولة . كما أنّ بعضها يزود فيتامين B12 للكائنات التي تعيش معها .

٣– تستعمل البكتيريا في صناعة اللبن الرائب لأنها ضرورية لتحويل سكر الحليب إلى حامض اللكتيك الضروري لتخثر الحليب وتحويله إلى لبن رائب .

٤- تستعمل البكتيريا في صناعات عديدة منها صناعة دبغ الجلود فتقوم بهضم بروتينات الشعر ، وصناعة الخل فتحول الكحول إلى حامض خليك ،وكذلك صناعة الجبنة وصناعة التبغ .

٥- البكتيريا التي تعيش على جذور بعض النباتات خاصة النباتات البقولية كالفول والحمص والعدس ... تعمل على تثبيت نيتروجين الهواء في التربة وبالتالي تزيد من خصوبة التربة وزيادة الانتاج .

٦- يمكن استخدام بعض أنواع البكتيريا لانتاج الانسولين بتطبيق تقنيات خاصة جدا ، وهرمون الأنسولين (الذي يفرزه البنكرياس عادة) يستخدم في علاج مرض السكري الذي يصيب نسبة كبيرة من الناس ؛ ويعمل الأنسولين عادة على تعديل وتنظيم نسبة السكر في الدم .

الطحالب الخضراء - المزرقة : Blue - Green algae

تُشبه الطحالب الخضراء - المزرقة البكتيريا لحد كبير في بساطة خليتها من جهة، وفي تركيب جدارها الخلوي غير الطبيعي من جهة ثانية ؛لذا لا غرابة أن نجد بعض علماء البيولوجيا يقترح تصنيفها كنوع آخر من البكتيريا الذاتية التغذية . كما تشبه (الطحالب الخضراء - المزرقة) النباتات والطحالب من حيث أن خلاياها تحتوي على مادة الكلورفيل التي تمتص أشعة الشمس مع الماء لتكوين مركبات السكر - المصدر الأساسي للطاقة .

تعيش الطحالب الخضراء - المزرقة في الماء العذب غالباً ، وتوجد إما كخلايا مفردة أو متجمعة أو سلسلة من الخلايا . ولهذه الكائنات الحية أهمية اقتصادية - إذ إنّ الأبحاث العلمية تشير إلى أن لها القدرة على تثبيت نيتروجين الهواء في التربة مما يزيد خصوبة الأرض وبالتالي الانتاج الزراعي وهي بذلك تشبه بكتيريا التأزت .

الفيروسات : Viruses

نظراً لبساطة الفيروسات فإنّها تدرس عادة مع البكتيريا والطحالب الخضراء -

المزرقة . قد لا يتفق العلماء في تحديد مفهوم الفيروس إذ يفترض بعضهم أنّ الفيروس عبارة عن كائن حي أو مادة وراثية محاطة بغلاف من البروتين ؛ بينما يرى آخرون أن الفيروس ليس كائناً حياً بل يستخدم الخلية العائلة لتكاثره . ومهما يكن الأمر ، فإنّ معرفتنا لصفات الفيروس ستعطي معنى أفضل من هذا وذاك . فالفيروس جسيم غاية في الدقة يتطفل اجبارياً على الكائنات الحية الأخرى ويقضي على معظم الخلايا التي يصيبها ويسبب لها بعض الأمراض وبهذا يختلف عن البكتيريا ؛ وله القدرة على الانقسام والتكاثر والنمو فقط داخل خلايا الكائنات الحية الأخرى ، لكنه يفقد هذه الصفات والنشاطات الحيوية خارج خلايا العائل .لهذا فإنّ بعض العلماء يعتبرونه حلقة وصل بين صفات الكائن الحي والجماد علماً بأنه يبقى حيّاً خارج الخلايا الحية لكن دون تكاثر أو نمو . هذا ،وتحتوي جميع الفيروسات على الأحماض النووية إما DNA أو RNAمع بروتين يؤلف غطاء خارجياً يحفظ هذه الأحماض النووية .

ومما يُجدر ذكره بأنّ هناك أنواعاً مختلفة من الفيروسات تتطفل أو تهاجم فقط أنواعاً معينة أو خاصة من الخلايا الحية ، فمثلاً الفيروس المسبب للانفلونزا يهاجم الأنسجة الداخلية للأنف والخلايا المبطنة للجهاز التنفسي فقط ؛ بينما فيروس شلل الأطفال يصيب الخلايا العصبية خاصة خلايا الحبل الشوكي ويتكاثر فيها ويتلفها ويسبب الشلل للفرد خاصة الأطفال لأنه كلما كبرالشخص زادت فرصة مناعته . ومنها ما يُسبب فقدان المناعة المكتسبة في الإنسان كما في مرض الايدز AIDS . وهناك فيروسات تتطفل على النباتات كالدخان وتسبب لها مرض تبرقش الأوراق ؛ ومنها ما يتطفل على الحيوان ويسبب مرض داء الكلب وطاعون الدجاج والجدري ؛ ومنها ما يهاجم البكتيريا نفسها ويتكاثر داخلها ويتلف خلاياها ويسمى هذا النوع بالبكتيريوفيج Bacteriophage ، ولهذا تُصنف الفيروسات أحيانا ، فنقول : فيروسات الانسان ، أو الحيوان ، أو النبات وهكذا .

ومن مميزات الفيروسات (فيروس الانفلونزا مثلاً) ولأسباب غير معروفة تماماً ، أن يحدث فيها طفرات Mutations باستمرار ؛ والطفرة عبارة عن تغيير مفاجيء في التركيب الوراثي للكائن الحي ؛ وعليه تنشأ سلالات جديدة أسرع من استحداث علاجات طبية لها ، ولهذا نجد الشخص الذي يصاب بأمراض الانفلونزا من الصعب أن يكوّن مناعة طبيعية تحصنه من التعرض للاصابة بسلالات جديدة من فيروسات

الانفلونزا ؛ كما أشارت بعض التقارير العلمية إلى أن تلقيح الأفراد بلقاح من نفس النوع المناعي للفيروس المسبب للمرض لا يمنعهم من الاصابة بنوع آخر من الانفلونزا .

ثانياً : مملكة الطلائعيات Kingdom : Protista

تضم هذه المملكة مجموعتين رئيسيتين من الكائنات الحية هما : مجموعة البروتوزوا Protozoa ومجموعة الطحالب Algae ؛ والبعض يضع الفطريات الغروية في هذه المملكة أيضا . تمتاز أفراد هذه المملكة عن البدائيات بأنّ خلاياها تحتوي على نواه مميّزةبغشاء نووي ، كما أنّ معظم الأجزاء الخلوية موجودة غالباً ، وبعضها له زوائد هدبية أو سوطية بنظام (٩+٢) ، وبعضها يتكاثر جنسياً . والمادة الوراثية فيها عبارة عن DNA مع بروتين تبدو على شكل خيوط رفيعة كروموسومية داخل النواة .

البروتوزوا : Protozoa

وهي كائنات حية لا خلوية ؛ جسمها يتركب من خلية واحدة تقوم بجميع النشاطات الحيوية التي تميز الكائن الحي . وتعيش في بيئات مختلفة في الماء العذب والمالح والتربة والطين أو متطفلة على الكائنات الحية الأخرى ؛ وتتكاثر إما بواسطة الانشطار الثنائي وهو الأكثر انتشاراً ، أو تكاثراً جنسياً باتحاد الجاميتات المذكرة والمؤنثة. وللبروتوزوا **أعضاء خاصة للحركة** على ضوئها قُسمت إلى أربع مجموعات هي :

١- **السوطيات** : Mastigophora وتتحرك بواسطة خيط رفيع طويل يسمى السوط Flagellum ، بعضها يعيش عيشة حرة وبعضها يتطفل على كائنات حية أخرى مثل تريبانوسوما Trypanosoma الذي يسبب مرض النوم الافريقي وتريكونمفا Try-chonympha .

٢- **الساركودينا** : Sarcodina وتتحرك بواسطة زوائد بروتوبلازمية غير ثابتة الشكل أو الحجم أو الموقع تُعرف بالأقدام الكاذبة Pseudopoda وتستخدمها أيضاً للحصول على الغذاء ؛ ومن أمثلتها –الأميبا الحرة والأميبا المتطفلة التي تسبب مرض الدوسنطاريا الأميبية للانسان .

٣- **الهدبيات** : Ciliophora وتتحرك بواسطة زوائد هدبية قصيرة تعرف بالأهداب Cilia وتعتبر هذه المجموعة أكثر الأوليات أو البروتوزوا تعقيداً وتخصصاً، ويقع ضمن هذه المجموعة البراميسيوم وستنتور .

٤- **الجرثوميات** (البوغيات) : Sporozoa لا يوجد لهذه المجموعة أعضاء خاصة للحركة إذ إنّها تتحرك حركة انزلاقية في دم العائل الذي يكون من أنواع متباينة منها (الانسان) ؛ ومن أعضاء هذه المجموعة البلازموديوم Plasmodium التي تعيش متطفلة داخل جسم الانسان ، وتتكاثر داخل خلايا الكبد وكرات الدم الحمراء فتتغذى على هيموجلوبين الدم مما يؤدي إلى اتلافها وتحطيمها وبالتالي يصاب الانسان بفقر الدم (أنيميا) وحمى الملاريا .

الطحالب: Algae

تعيش الطحالب عادة في الماء العذب والمالح وفي الأماكن الرطبة ؛ ويتركب جسمها إما من خلية واحدة (كلاميدوموناس) أو من عدة خلايا توجد بشكل مستعمرة (فولفكس) أو خيطية تنتشر على سطح البرك والمستنقعات وقنوات الري (الاسبيروجيرا) وتظهر للعين المجردة على شكل طبقة خضراء تسمى الريم الأخضر وغالباً ما تسبب روائح كريهة في المناطق الموجودة فيها . ومنها ما هو معقد التركيب قد يصل طوله ما يزيد على ثلاثين متراً كما في بعض الطحالب البنيّة . والصفة المشتركة العامة لجميع الطحالب أنّ جسمها يحتوي على صبغة الكلورفيل (أ) اللازمة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيماوية في علمية التركيب الضوئي ، ولهذا فهي ذاتية التغذية وتشترك مع أعضاء المملكة النباتية بهذه الصفة . بالاضافة إلى الصبغة الخضراء ، فإنّ هناك أنواعاً من الطحالب تحتوي على صبغات أخرى غالباً ما تحجب الصبغة الخضراء ولها يُعزى لون الطحلب ويسمى تبعاً لذلك . وبناء عليه ، تُصنف الطحالب إلى سبع قبائل هي :

١- الطحالب اليوجلينية Euglenophyta

٢- الدايوتومات Chrysophyta

٣- الطحالب الخضراء – المصفرة Xanthophyta

٤- الطحالب الخضراء Chlorophyta

٥- الطحالب البنيّة Phaeophyta

٦- الطحالب الحمراء Rhodophyta

٧- الطحالب الذهبيّة Pyrrophyta

كما تحتوي أجسام الطحالب على جسيمات خاصة لخزن النشا تسمى بايرينويدات Pyrenoids ؛ وبعضها يكون قطرات زيتية دهنية كالدايوتومات . وتتكاثر الطحالب إمّا بالتكاثر اللاجنسي الذي ينتهي بتكوين خليتين جديدتين ، أو بالتكاثر الجنسي (كلاميدوموناس) فتكون جاميتات مذكرة وأخرى مؤنثة . وللطحالب أهمية اقتصادية للانسان ، فمنها ما يستخدم كغذاء للانسان كطحلب اللاميناريا Laminaria ومنها ما يستخرج منه اليود كطحلب الفيوكس Fucus ، وبعضها غذاء رئيسي للحيوانات البحرية ، ومنها ما يفرز مادة الآجار Agar التي تستخدم بكثرة في تحضير الأوساط البيئية المناسبة لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة كالبكتيريا .

ثالثاً : مملكة الفطريات Kingdom : Fungi

للفطريات صفات عامة وأخرى خاصة دعت علماء البيولوجيا لوضعها في مملكة مستقلة بعد أن كانت لفترة طويلة تصنف مع المملكة النباتية .وبوجه عام، يمكن ابداء الملاحظات التالية حول **خصائص وصفات الفطريات** :

١- يتركب جسم الفطر إمّا من خلية واحدة كالخميرة أو من خيوط رفيعة عديدة الخلايا تظهر على شكل كتل خيطية ، وكل خيط يسمى هيفا Hypha، ومجموعة الهيفات يطلق عليها اسم ميسيليوم Mycelium . وتنتشر عادة الأنوية والسيتوبلازم داخل الهيفا وتكون مختلطة غالباً بدون حواجز خلوية (عفن الخبز) وقد تكون الخيوط مقسمة بحواجز عرضية (البنيسيليوم) .

٢- تمتاز الفطريات عن بقية النباتات بعدم احتوائها على صبغة الكلوروفيل ، لذا ليس لها القدرة على القيام بالتمثيل الكلوروفيلي (التركيب الضوئي) . وعليه، تعيش

معيشة رميّة Saprotrophism وتتغذى على المواد العضوية الميتة فتقوم بافراز انزيمات خاصة هاضمة ومن ثم تمتص غذاءها منها ؛ولذا نجدها بكثرة في الأماكن التي تكثر فيها المواد العضوية وبهذا تشترك مع البكتيريا في تحليل وتعفن هذه المواد العضوية ؛ ومنها ما تعيش متطفلة على النباتات وتسبب لها بعض الأمراض مثل صدأ القمح والعفن على اختلاف أنواعه.

٣- يتركب جدار الخيط في الفطريات من مادة سليولوزية عديدة التسكر تختلف كلية عن سليولوز النباتات إذ يدخل في تركيبه عنصر النيتروجين وتسمى هذه المادة بالكايتن Chitin ؛ وبالمناسبة ، تدخل هذه المادة في تركيب الهيكل الخارجي للحشرات (قبيلة مفصليات الأرجل) .

٤- تتكاثر الفطريات جنسياً ولا جنسياً ؛ ويحدث التكاثر اللاجنسي عندما تكون الظروف البيئية مناسبةللفطر ويتم ذلك إما بتجزئة الخيوط الفطرية ونمو كل جزء ليشكل فطراً جديداً أو بواسطة التبرعم إذا تعطي الخلية بروزاً من جدرانها (الخميرة) تندفع فيه كمية من السيتوبلازم وجزء صغير من النواة لا يلبث في النهاية أن ينفصل مكوناً فطراً جديداً . أما التكاثر الجنسي فيحدث عندما تسوء الظروف ، ويبدأ باقتراب خيطين لبعضهما البعض (عفن الخبز)لا تلبث أن تتحد محتويات الخيطين معاً لتكوين الزيجوت الذي ينمو ويكوّن فطراً آخر . والفطريات ، تكوّن جراثيم Spores كثيرة جداً تختلف أشكالها وطريقة حملها باختلاف الفطريات ، وتنتشر عادة بواسطة الهواء أو الماء وتنبت الجراثيم في بيئات مختلفة تتوافر فيها درجة الحرارة المناسبة والرطوبة ، وينمو منها خيط أنبوبي الشكل يسمى بالأنابيب الجرثومية لا تلبث أن تستطيل هذه الأنابيب وتتفرع لتكون جسم الفطر الجديد. وبناء على ما سبق ، فإنّ الفطريات تُصنف في ثلاث مجموعات هي :

١- **الفطريات الخيطية** : Phycomycetes وخيط الفطر عادة غير مقسم بأجزاء عرضية لذا يحتوي الخيط الواحد على عدة أنوية منتشرة في السيتوبلازم ، ومن أمثلتها فطر عفن الخبز الذي يهاجم الخبز والجبنة ويسبب تعفنها وتلفها ، وفطر البياض الزغبي وفطر اللفحة الذي يصيب الخضار بكثرة خاصة البطاطا .

٢- **الفطريات الزقيّة** : Ascomycetes وخيط الفطر مقسم بحواجز عرضية،

وتحمل الجراثيم داخل كيس خاص يسمى الزق Ascus ومن هنا جاءت التسمية ، ومن أمثلتها البنيسيليوم Penicillium والبياض الدقيقي والخميرة .

٣- **الفطريات الدعامية** : Basidiomycetes وتحمل جراثيمها على دعامات ، ومن أمثلتها الفطر المعروف باسم المشروم Mushroom الذي يأكل الانسان بعض أنواعه وكذلك فطر صدأ القمح وفطر التفحم .

ومن الفطريات ما يسبب أمراضاً كثيرة خاصة للنباتات وقد يقضي عليها كما في أمراض اللفحة والتفحم والأصداء وتعفن الثمار والفواكه ؛ ومنها ما يصيب الانسان والحيوان ويسبب لها المضايقة ، ومنها ما يتلف بعض أدوات الانسان كالجلود والقطن . رغم ذلك ، فإنّ للفطريات أهمية اقتصادية من حيث إنّ بعضها غذاء للانسان ، وأنّ لها علاقة في صناعات مختلفة كصناعة البيرة والخمور والخبز والجبن وفي عمل المضادات الحيوية كما في البنسلين .

رابعاً : المملكة النباتية Kingdom : Plantae

تضم المملكة النباتية مجموعتين رئيسيتين من النباتات هما :

١- **اللاوعائيات** (الحزازيات) : وهي إمّا حزازيات قائمة كالموص والفيوناريا، أو حزازيات منبطحة كالركسيا والماركنتيا .

٢- **الوعائيات** : Tracheophytes أو النباتات الوعائية وتضم بقية النباتات .

والحد الفاصل بين المجموعتين السابقتين هو **جهاز التوصيل** Conducting System ؛ فالحزازيات أقل تطوراً من النباتات الوعائية من حيث أنها بسيطة في تركيبها، وصغيرة الحجم ولا تحتوي على أنسجة وعائية حقيقية متخصصة لتوصيل الماء والغذاء ؛ كما لا تملك جذوراً حقيقية كتلك الموجودة في النباتات الوعائية ، لكنها تملك ما يسمى بأشباه الجذور Rhizoids وأشباه الأوراق التي تبدو ملتفة على ساق النبات . وتعيش الحزازيات في الأماكن الرطبة على حواف الترع والقنوات المائية وعلى سيقان الأشجار بالقرب من سطح التربة وما زالت تتخذ الماء كوسيلة للاخصاب لاتمام تاريخ حياتها .

وتتميز الحزازيات بما يُسمى بظاهرة **تبادل الأجيال** Alternation of Genera-

tions ، بمعنى أنّ النبات يظهر في جيلين يختلف أحدهما عن الآخر اختلافاً كبيراً في الشكل والتركيب ؛ فالجيل الأول هو **الجيل الجاميتي** Gametophyte الذي يحمل أعضاء التناسل أو الجاميتات المذكرة والمؤنثة التي تعطي الزيجوت ، والذي لا يلبث أن ينمو ويعطي الجيل الثاني أو **الطور الجرثومي** الذي يكون الجراثيم والتي بدورها تنمو وتعطي الجيل الجاميتي من جديد وهكذا . والجيل الجاميتي هو السائد في الحزازيات ويحمل عادة الجيل الجرثومي Sporophyte.

أما **النباتات الوعائية** فتمتاز باحتوائها على جهاز توصيل أو حزم وعائية حقيقية؛ وهي تضم مجموعتين من النباتات : السرخسيات كما في كزبرة البئر والنباتات البذرية كما في القمح والفول .

تشبه النباتات السرخسية الحزازيات من حيث وجود ظاهرة تبادل الأجيال من جهة وكذلك وجودها في تربة رطبة خاصة وأن الاخصاب لا يتم إلا في وجود الماء . لكن السرخسيات تختلف عن الحزازيات من حيث أن **الطور الجرثومي** فيها هو السائد بينما الجاميتي في الحزازيات هو السائد ؛ بالاضافة إلى أن النبات الجرثومي عند تمام نموه لا يعتمد مطلقاً على الجيل الجاميتي كما هو الحال في الحزازيات .

أما **النباتات البذرية** ، فلها جهاز توصيل فعال لنقل الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه إلى النبات ، ومن ثم توزيع الغذاء على جميع أجزاء النبات عن طريق هذا الجهاز أو ما يسمى بالحزم الوعائية المركبة من الخشب واللحاء . وللنباتات جذور وسيقان وأزهار وأوراق حقيقية ، والنبات الذي نراه عادة يمثل **الجيل الجرثومي** وهوالسائد الذي يحمل الجيل الجاميتي والذي يعطي الجاميتات المذكرة (حبوب اللقاح) والجاميتات المؤنثة (البويضات) . وتقسم النباتات البذرية إلى مجموعتين هما :

١ – **نباتات معراة البذور** Gymnosperms وفيها توجد البويضات فوق سطح الكرابل المفتوحة، وتصل حبوب اللقاح البويضات مباشرة إذ لا يوجد للمبيض قلم ولا ميسم وتخصبها لتكوين الزيجوت الذي ينمو ليكون البذرة خارج الكرابل كما في نباتات السرو والصنوبر .

٢- **نباتات مغطاة البذور** Angiosperms وفيها توجد البويضات داخل المبيض الذي يتميز بوجود قلم وميسم غالباً ، لذا لا تسقط حبوب اللقاح مباشرة على المبيض بل تتصل بالميسم أولا هناك لتكوّن ما يسمى بأنبوبة اللقاح التي تخترق القلم وتصل البويضات الموجودة داخل المبيض وتخصبها لتعطي الزيجوت الذي ينمو بدوره ليكون البذرة ؛ ولذا تتكون البذور داخل المبيض (الثمرة فيما بعد) كما في معظم النباتات البذرية . هذا وتقسم مغطاة البذور عادة إلى قسمين هما :

أ- نباتات ذوات **الفلقة الواحدة** ، وفيها يحتوي جنين البذرة على فلقة واحدة كما في نباتات العائلة النجيلية كالقمح والشعير والذرة .

ب- نباتات **ذوات الفلقتين** ، وفيها يحتوي جنين البذرة على فلقتين كما في نباتات العائلة البقولية كالفول والحمص والفاصوليا والعدس .

خامساً : المملكة الحيوانية Kingdom: Animalia

تضم المملكة الحيوانية عدداً كبيراً من الحيوانات العديدة الخلايا .وهي تمثل جانباً مهماً من الناحية البيولوجية من حيث عددها وتنّوع أفرادها واختلاف قبائلها . ولما كان من الصعب حصر هذه الحيوانات ، لذا سنتعرف على **قبائل الحيوانات** التي غالبا ما يألفها الانسان ، من جهة ، **ومقارنتها بالانسان** نفسه من جهة أخرى . ومن هذه القبائل ما يلي :

أولاً : قبيلة الحيوانات الاسفنجية (المساميات) Phylum : Porifera

من أشهر الحيوانات التابعة لهذه القبيلة حيوان الاسفنج Sponge ؛ فعلى الرغم أنّ الحيوان يتكون من عدد كبير من الخلايا ، إلاّ أنّ درجة التنسيق والتنظيم بين خلاياه تكاد تكون معدومة . لذا ، لا يزال يعتبر (الاسفنج) على مستوى نظام الخلية بوجه عام؛ وتعتبر القبيلة (الاسفنجية) في أسفل العالم الحيواني العديد الخلايا . وتعيش الاسفنجيات ملتصقة على الصخور في المياه البحرية غالباً ، وقليل منها يعيش في المياه العذبة . وتضم قبيلة الاسفنجيات ثلاثة صفوف هي :

١-**صف الجيريات** Class Calcispongiae ويتكون هيكلها من أشواك إبرية

ثلاثية أو رباعية الشكل مكونة بشكل أساسي من مادة كلسية ($CaCO_3$) .

٢- **صف الاسفنجيات الزجاجية** (أوصف السداسيات) Class: Hyalos-pongiae (Hexactinella) ويتكون هيكلها من أشواك ذات ستة فروع مكونة من مادة السيليكا .

٣- **صف الاسفنجيات الشائعة** Class Demospongiae وهي اسفنجيات غير منتظمة الشكل ؛ تكون فيها الأشواك مكونة إمّا من مادة السيليكا أو البروتين أو من كليهما ؛ وهي تشمل معظم الأنواع الاسفنجية التجارية .

ومن الصفات البيولوجية لقبيلة الحيوانات الاسفنجية (المسامية) ما يلي :

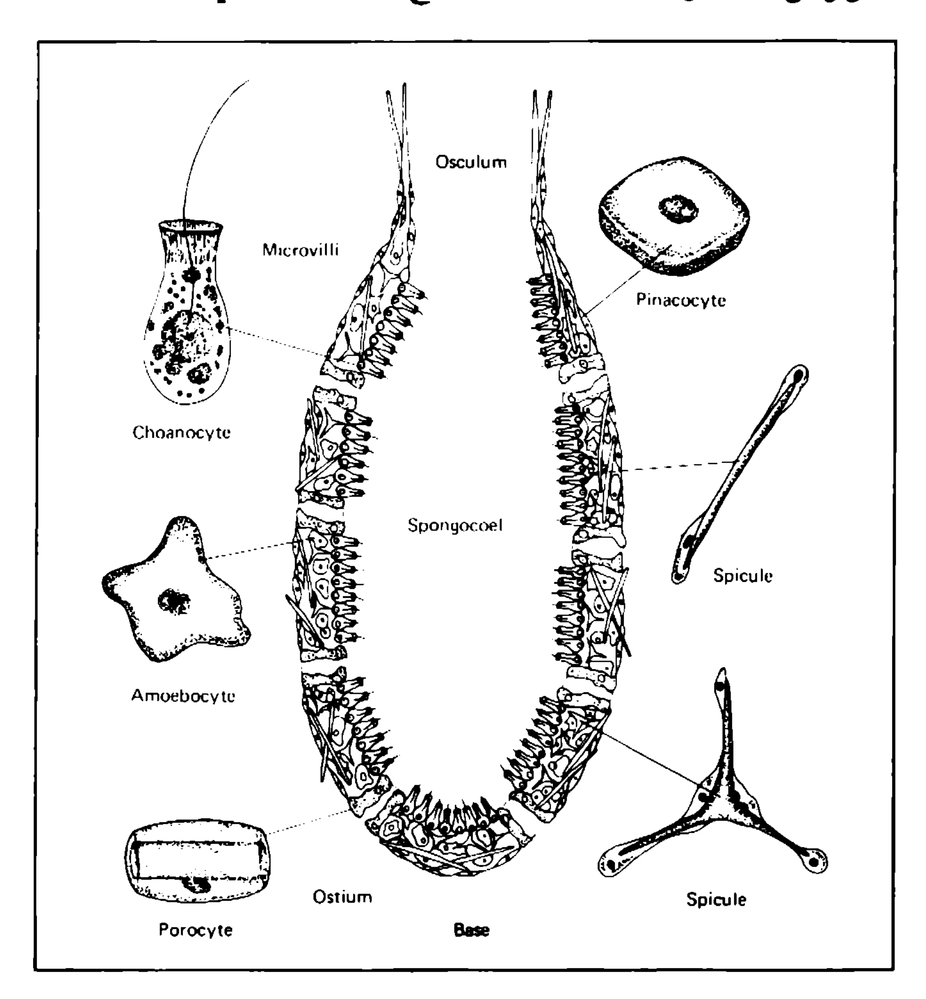
١- يتركب جسم (الاسفنج) من خلايا عديدة لا تكوّن نسيجاً حقيقيّاً خاصة أن درجة التنسيق بين خلاياه ضعيفة مما جعل بعض علماء الحيوان يعتبرونه أنّه لا يزال على المستوى التنظيمي الخلوي وبالتالي ليس له أعضاء أو أجهزة (الشكل ١-٢) .

٢- يتركب الجسم من عدد كبير من **الثقوب** ؛ ويتركب الجسم بوجه عام من طبقتين: **طبقة خارجية** ذات خلايا مفلطحة جلدية Pinacocytes وظيفتها حماية الحيوان من المؤثرات الخارجية ؛ وطبقة داخلية تتكون من خلايا ذات أسواط تتحرك باستمرار تسمى **الخلايا المطوقة** Choanocytes ؛ وهي خلايا خاصة بهذه القبيلة تسبب تجديد حركة التيار المائي ممايدفع الماء محملاً بالغذاء للحيوان (الثابت) باستمرار ، وتقوم باستخلاص المواد العضوية وهضمها داخلياً (Intracellular) . ويوجد بين الطبقتين (الخارجية والداخلية) مادة هلامية تتجول فيها خلايا أميبيّة Ameboid cells والتي منها تتكون الخلايا الخاصة لافراز هيكل الحيوان وكذلك الخلاياالجنسية.

٣- الجسم **غير منتظم** الشكل أو عديم التماثل (التناظر) عادة ؛ إلاّ أن بعض الأفراد الاسفنجية تظهر **تماثلاً شعاعياً** Radial Symmetry أي أنه يمكن تقسيم الحيوان إلى نصفين متشابهين بأي مستوى بحيث يكون ماراً بالمحور الطولي .

٤- وجود **هيكل داخلي** Internal skeleton (كما في الانسان Endoskeleton)، ويكون هذا الهيكل على شكل إبر أو شويكات صغيرة Spicules تكونها خلايا خاصة ، وتكون مكونة إمّا من مواد كلسية Calcareous أو مواد بروتينيّة -Spon

ginأو من السيليكون Siliceous حسب نوع الحيوان الاسفنجي .



الشكل (١-٢) : رسم تخطيطي يبيّن تركيب حيوان الاسفنج

٥- الحيوانات الاسفنجية حيوانات مائية ، تعيش غالباً في البحار وقليل منها في المياه العذبة . ويوجد في إحدى نهايتي الجسم في الاسفنج **فوهة** Osculum تؤدي إلى التجويف الاسفنجي Sopngocoel . أمّا من الناحية الأخرى ، فيلتصق الحيوان بالصخور المجاورة Substratum **ويفقد** بالتالي القدرة على الحركة الانتقالية ؛ وهذه الصفة (الحركة الانتقالية) صفة أساسية من صفات المملكة الحيوانية بوجه عام بما

فيها بالطبع الانسان .

٦- يشيع التكاثر في هذه القبيلة بنوعيه : التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي . وفي التكاثر الجنسي تتحول بعض الخلايا الأميبيّة إلى خلايا جنسية (مذكرة وأخرى مؤنثة) ، ويتكون الزيجوت / الجنين نتيجة للاخصاب الذي لا يلبث أن ينطلق إلى الماء ويكوّن **يرقة** قادرة على الحركة تُسمى Amphiblastula ؛ ثم يثبت نفسه بالصخور فلا يقوى على الحركة . أمّا التكاثر اللاجنسي ، فيتم عن طريق التبرعم أو بتكوين براعم (أو بريعمات)Gemmules متولدة من خلايا لا تناسلية تتطور وتتمايز بعدئذ إلى حيوان اسفنجي ثابت .

٧- إنّ ما يميز قبيلة الحيوانات الاسفنجية (المساميات) **أنّها تملك نظاماً فريداً خاصاً** مكوناً من **ثقوب وقنوات** (قارن ذلك بثقوب وفتحات الغدد العرقية في الانسان) ، يدفع التيار المائي منها وإليها باستمرار بما فيها من مواد غذائية بواسطة تنظيم القنوات الداخلية فيها ؛ وحسب هذا النظام يوجد ثلاثة أنواع تتدرج من البسيط إلى المعقد وهي : Asconoid و Syconoid و Leuconoid . ويسلك **التيار المائي** ممراً خاصاً حسب تعقيد تركيب الجسم مبتدئاً بالثقوب وخارجاً من فوهة الحيوان بعد أن يمر في أماكن تختلف في تعقيدها حسب نظام الفتحات والقنوات والغرف التي يملكها الحيوان . وهذه الصفة ، تعتبر مهمة جداً لقبيلة الحيوانات الاسفنجية التي تتميز بالثبات وعدم القدرة على الحركة الانتقالية .

٨- يتم الهضم **داخل الخلايا** Intracellular ؛ ولا توجد أعضاء أو أجهزة إخراجية أو تنفسية أو أعصاب لحيوانات هذه القبيلة (الاسفنجيات) .

ثانياً : قبيلة الحيوانات الجوفمعوية Phylum : Coelentrata

تعيش حيوانات هذه القبيلة في المياه المالحة والعذبة سواء بسواء . ويضفي بعض أفرادها جمالاً للوسط الذي تعيش فيه . ومن الحيوانات التي تقع ضمن هذه القبيلة : شقائق (زهور) البحر Sea anemones والهيدرا Hydra وريش البحر-Sea feath eres وقناديل البحر Aurelia والسمك الهلامي (الهلاميات) Jelly fish. وتضم قبيلة الحيوانات الجوفمعوية ثلاثة صفوف شائعة هي :

١- **صف الهيدريات** Class : Hydrosoa ومنها الهيدرا والاوبيلياObelia والفيصاليا physalia .

٢- **صف الأسماك الهلامية** Clss: Scyphozoa ومنها اليوريليا Aurelia.

٣-**صف الشعاعيات** (الزهريات) Class : Anthozoa ومنها الحيوانات المرجانيةوشقائق البحر Sea anemones.

ومن **الصفات البيولوجية العامة لقبيلةالحيوانات الجوفمعوية** ما يلي :

١- تمثل حيوانات هذه القبيلة مستوى النسيج في التنظيم البيولوجي ؛ ويتركب جسمها من طبقتين مميزتين Diploblastic (الشكل ١-٣)هما : **الأولى : طبقة خارجية** Ectodermتحتوي على عدة أنواع من الخلايا هي :

أ- خلايا عضلية طلائية Epitheliomuscular cells وظيفتها حماية الحيوان من المؤثرات الخارجية من جهة، ومساعدة الحيوان على الانكماش والانبساط من جهة ثانية .

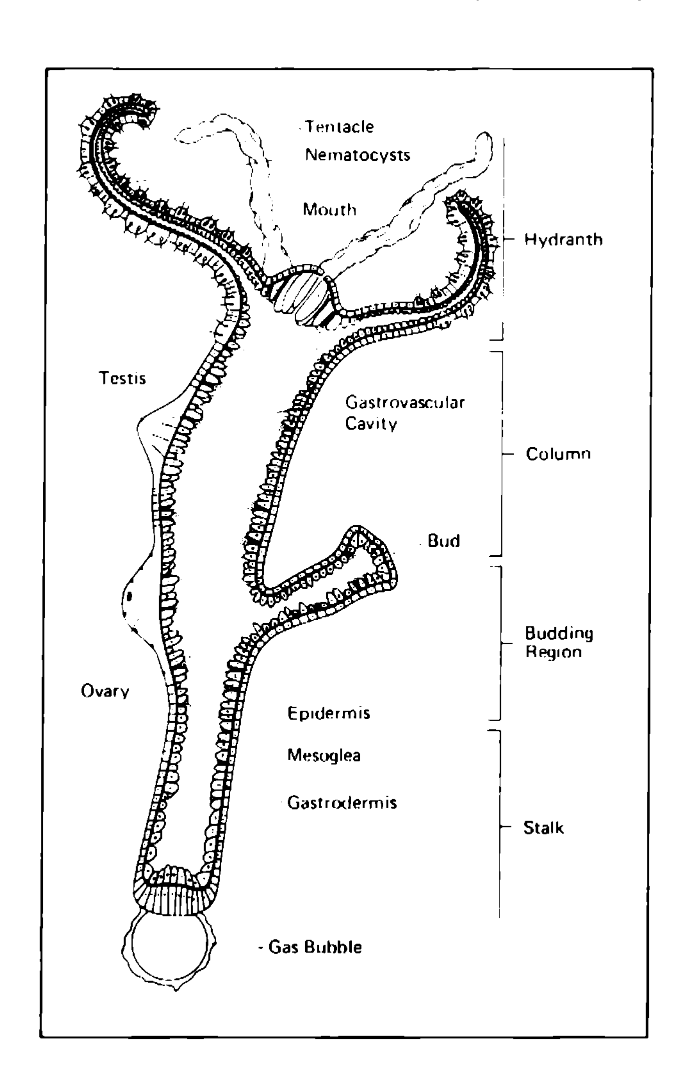
ب- خلايا بينيّة أو معوّضة Interstitial cells ولها القدرة على تكوين خلايا أخرى كالخلايا الجنسية لغرض التكاثر .

جـ- خلايا غدّية Gland cells وهي خلايا مستطيلة الشكل ، توجد بكثرة عند قدم الحيوان ، وتفرز مادة معينة تساعد الحيوان على الالتصاق بالسطح المجاور.

د- أكياس **الخلايا اللاسعة** Cnidoblasts وتوجد هذه الخلايا بكثرة في منطقة الفم وخاصة في اللوامس **Tentacles** وتوجد بداخلها الخلايا اللاسعة Nemato-cyst التي تعتبر ميزة رئيسية لحيوانات هذه القبيلة . وتُعتبر (الخلايا اللاسعة) أعضاء الهجوم والحماية في هذه الحيوانات ، إذ تحتوي الخلية على مواد كيمائية تخدّر بها فريستها بعد أن تغزز الفريسة بخيوطها الشوكية . ويوجد منها عدة أشكال حسب نوع الحيوان .

هـ-الخلايا العصبية Sensory cells لأول مرّة في هذه القبيلة ، نجد خلايا عصبيّة حسيّة تسمى خلايا عصبية أولية ، وتوجد على شكل شبكة عصبيّة تشمل معظم الجسم لكنها تختلف كثيراً عن الخلايا العصبية في الحيوانات الراقية بما فيها

الانسان إذ إنّ السيّالات العصبيّة ليس لها اتجاه معين تسير به (عكس الانسان) ، بل تتحرك في جميع الاتجاهات وبالتالي تتمثل استجابة الحيوان باستجابة الجسم كله وليس العضو الذي تم تنبيهه أو التأثير فيه .



الشكل (١-٣) : قطاع طولي في الهيدرا

الثانية : طبقة داخلية Endoderm تحتوي على خلايا مختلفة منها ما يلي :

أ- خلايا مغذّية عضليّة Nutritive - Muscular cells وهي خلايا مبطنة

للتجويف المعوي Gastrovascular cavity تحمل سوطين تعمل على حركة الغذاء داخل تجويف الجسم ومزجه بالسوائل المختلفة ؛ كما أنّها تحتوي على فراغات غذائية خاصة للهضم . ولهذه الخلايا القدرة على الانقباض وبالتالي تساعد الحيوان على الانكماش أو الانبساط .

ب- خلايا غدّية وخلايا بينيّة معوّضة ، تفرز الخلايا الأولى أنزيمات تساعد على عملية هضم الطعام ، والثانية يمكنها التحوّل إلى خلايا يحتاجها الحيوان . هذا ، ويوجد بين الطبقتين (الخارجية والداخلية) طبقة متوسطة غير مميزة إلى خلايا تسمى (الميزوجليا) Mesoglea تعطي الحيوان قوة ومتانة .

٢- هيكل الحيوانات ، منها ما يظهر تماثلاً شعاعياً Radial ومنها ما يظهر **تماثلاً جانبياً** (أو جانبية التناظر) أي أنّ الجسم ينقسم إلى نصفين متشابهين على جانبي مستوى وهمي يمتد من الطرف الأمامي إلى الطرف الخلفي وتوجد الأعضاء الرئيسية مزدوجة وموزعة على جانبي محور التماثل .

٣- يوجد في هذه القبيلة شكلان من الأفراد أو ما يُسمى بتعدد الأشكال Poly-morphism وهما :

أ- الشكل البوليبي Polyp form وهو أنبوبي الشكل يلتصق عادة في قعر الماء ؛ وهو يمثل أحد أطوار التكاثر اللاجنسي .

ب- الشكل الميدوسي Medusa form وهو جرسي الشكل ، يوجد الفم عادة في منتصف الجرس ومحاط باللوامس لذا يستطيع السباحة بالماء بحرية ؛ وهو يمثل الطور الجنسي في التكاثر .

٤- للجسم تجويف وسطي يسمى **التجويف المعوي أو الجوفمعوي** ، وهو تجويف الجسم يعمل عمل المعدة والأمعاء (الهضم والامتصاص) ، ومن هنا جاءت تسمية القبيلة (الجوفمعويات) . وللحيوان فتحة واحدة تستعمل كفتحة للفم Mouth وفتحة للإست Anus . أمّا هضم الغذاء فيتم **خارج الخلايا** Extracellularضمن تجويف الجسم (قارن ذلك بالانسان) ؛ ويتم (الهضم) أيضاً **داخل الخلايا** Intra-cellular (قارن ذلك بالانسان) كما في الخلايا المغذية العضلية وذلك بمساعدة

الفراغات الغذائية وأقدامها الكاذبة . إلاّ أنّ حيوانات هذه القبيلة ليس لها جهاز إخراجي أو تنفسي ، كما أنّها عديمة التجويف الحقيقي Coelom.

٥- التكاثر ، يتم التكاثر في حيوانات هذه القبيلة بواسطة التبرعم Budding أو جنسياً كما في حيوان الهيدرا ، إذ يحمل الحيوان غدداً جنسية مذكرة ومؤنثة معاً أو منفصلة حسب نوع الحيوان ؛ وتنطلق الحيوانات المنوية Sperms عادة في الماء وتخصب البويضة في مبيض حيوان آخر فيتكون الزيجوت (قارن ذلك بالانسان) الذي لا يلبث أن ينمو ليكوّن حيواناً آخر .

ثالثاً : قبيلة الديدان المفلطحة Phylum: Platyhelmenthes

حيوانات هذه القبيلة ، كما تدل التسمية ، ذات أجسام مفلطحة Flat تضم ثلاثة صفوف شائعة هي :

١- **صف الديدان الهدبية** Turbelaria يغطي جسمها أهداب صغيرة جداً ؛ ويعيش أفراد هذه المجموعة عيشة حرّة في الماء العذب ؛ ولها فم موجود في الناحية البطنية من الجسم . ويقع ضمن هذا الصف دودة البلاناريا Planaria (حوالي ١٠ ملم) الشهيرة التي لها القدرة على تجديد أنسجتها بطريقة الانقسام غير المباشر إذ ذكرت البحوث العلميّة عنها أنّها قُسّمت إلى مئة جزء وأعطى كل جزء حيوان بلاناريا جديداً .

٢- **صف الديدان الورقية** Class: Trematoda وتشمل عدداً كبيراً من الديدان الطفيلية التي تصيب الانسان والحيوان ؛ وللطفيل عائل واحد أو عائلان ، ويقع ضمن أفراد هذه المجموعة الدودة الكبدية Liver Fluke على سبيل المثال .

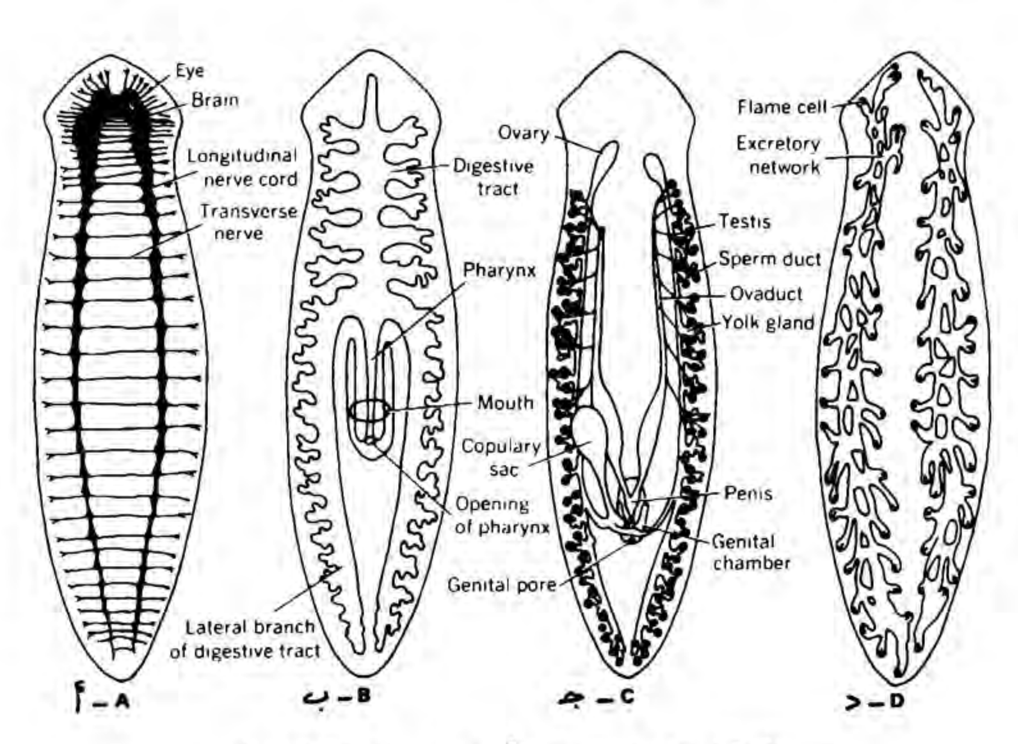
٣- **صف الديدان الشريطية** Class: Cestoda تُعتبر أفراد هذه المجموعة أفراداً طفيلية أيضاً تصيب الانسان والحيوان سواء بسواء . ومن الديدان التي تصيب الانسان الدودة الشريطية المسماه دودة البقر الشريطية **Taenia saginata** وعائلها الوسيط هو البقر ؛ وكذلك دودة الخنزير الشريطية **Taenia solium** وعائلها الوسيط الخنزير .

ومن أبرز الصفات البيولوجية العامة لحيوانات قبيلة الديدان المفلطحة ما يلي :

١- تعتبر حيوانات هذه القبيلة على مستوى **العضو** (الشكل ١-٤) في التنظيم البيولوجي . وقد بدأ نظام التخصص وتقسيم العمل في حيوانات هذه القبيلة بوجه عام .

٢- أجسام حيوانات هذه القبيلة **مفلطحة** ، منها ما هو طويل يشبه الشريط ومقسم إلى قطع تسمى كل قطعة Proglotid وتملك جميع مقوّمات الحياة وكأنها حيوان مستقل ؛ ومنها ما هو مفلطح ورقي الشكل كما في الدودة الكبدية ودودة البلاناريا على سبيل المثال.

٣- جميع أفراد هذه القبيلة **جانبية التماثل** Bilateral .



الشكل (١-٤) : رسم يبيّن تشريح دودة البلاناريا

أ- الجهاز العصبي ب- الجهاز الهضمي

جـ- الجهاز التاسلي د- الجهاز الاخراجي

٤- يتركب جسم الحيوان من **ثلاث طبقات** (كما في الانسان) Triplobastic هي :

طبقة خارجية وطبقة داخلية وطبقة متوسطة . إلاّ أنّها **عديمة التجويف** Acoelomate. وفي القطاع العرضي ، يبدو تجويف الجسم مملوءاً بمادة Parenchy-ma (لذا حركة الحيوان حركة بطيئة) وفراغات الميزودرم بها السائل المكوّن للهيكل المائي Hydrostatic skeleton .

٥- يعيش معظم أفراد هذه القبيلة معيشة **طفيلية** على الانسان والحيوان كما في الديدان الشريطية والديدان الكبدية ؛ وتتعلق بجسم عائلها إمّا بواسطة **ممصات** Suckers أو بواسطة **ممصات وأشواك** Hooks (وبالتالي لا تملك أجهزة هضم) ، ويسبب الطفيل عادة أنيميا للانسان . إلاّ أنّه توجد مجموعة أخرى تعيش عيشة **حرّة** (كالبلاناريا) وبالتالي لها جهاز هضمي خاص بها .

٦- على الرغم أن حيوانات هذه القبيلة **ليس لها** : جهاز تنفسي أو جهاز دوري أو جهاز عضلي أو أعضاء خاصة للحركة ، إلاّ أننا نلاحظ في تكوين أفراد هذه القبيلة تطوراً أولياً **للأعضاء والأجهزة** ؛ فالحيوانات التي تعيش عيشة حرّة (كالبلاناريا) تملك جهازاً هضمياً يتكون من : الفم ، وبلعوم عضلي وأمعاء (لكن بدون فتحة است) . كما تملك أعضاء خاصة للاخراج ، فللحيوان قناتان جانبيتان تنتهيان بما يسمى **بالخلايا اللهبية** Flame Cells التي تشكل ما يسمى بالكليات الأولية Pro-tonephridia (قارن ذلك بالنيفرونات الموجودة في الكليتين في الانسان) . أمّا الحيوانات الطفيلية ، كما ذُكر آنفاً ، فليس لها أجهزة هضم (لماذا ؟) عادة .

٧- تملك حيوانات هذه القبيلة جهازاً تناسلياً نامياً بشكل جيد ؛ كما تحمل أعضاء تذكير وأعضاء تأنيث وتوصف بأنها **خنثى** Hermaphrodite (قارن ذلك بما يحدث للانسان والحيوانات الثدية عندما لا تنفصل الكروموسومات الجنسية انفصالاً طبيعياً) ، لكن الاخصاب يحدث خلطياً عادة (لماذا؟) . كما أن التكاثر اللاجنسي ممكن الحدوث خاصة وأن بعض أفراد هذه القبيلة (كالبلاناريا) له القدرة على تجديد الأعضاء المفقودة ، وبالتالي فإنّ الحيوان إذا قُسّم إلى قسمين أو ثلاثة (أو حتى مئة قسم - كما ذكرت بعض البحوث) ، فإنّ كل قسم يعوّض الجزء المفقود ويكوّن حيواناً جديداً .

٨- تظهر حيوانات هذه القبيلة ما يسمى **بمركزية الأعصاب** Cephalization أو تمركز

(تجمع) الخلايا العصبية بمنطقة الرأس (كالانسان – والجهاز العصبي المركزي) ، إذ أصبحت الأعصاب (لأول مرة) تتركز في منطقة الرأس نسبيّاً ؛ لذا يتكون الجهاز العصبي من عقدتين عصبيتين تقعان في منطقة الرأس يمتد منهما حبلان عصبيان جانبيا الوضع وفي الجهة **البطنية** Ventral (عكس ما هو موجود في الانسان –ظهري Dorsal) ، ويخرج منهما أعصاب عرضية تصل إلى الأجزاء المختلفة من الجسم (قارن ذلك بالأعصاب الشوكية في الانسان التي تعصب أجزاء الجسم) .

نستنتج مما سبق ، أن قبيلة الحيوانات المفلطحة تشكل مركزاً فريداً في المملكة الحيوانية لأنها تتصف بصفات معينة ظهرت لأول مرة في قبائل الحيوان . ولهذا تعتبر كأساس للخطة التركيبيّة العامة للحيوانات التي جاءت بعدها أو أكثر منها رقياً بيولوجياً، كما في الصفات : جانبية التماثل ، وثلاث طبقات خلوية، وكلى أولية ، وجهاز هضمي ، وتمركز الجهاز العصبي في منطقة الرأس .

رابعاً: قبيلة الديدان الاسطوانية Phylum : Nematoda

تضم هذه القبيلة أعداداً كبيرة من الديان الاسطوانية أو المغزلية الشكل ، وهي تعيش في بيئات متباينة تتروح بين التربة الرطبة والمياه العذبة والمياه المالحة أو المعيشة الطفيلية على جذور النباتات أو أوراقها أو في أمعاء الحيوانات بما فيها الانسان . ومن الديدان التي تتبع هذه القبيلة الاسكارس Ascaris (التي تعيش معيشة طفيلية في الأمعاء الدقيقة للانسان) ، والديدان الثعبانية النيماتودية (التي تعيش معيشة طفيلية على جذور النباتات) ، والديدان السوطية Whipworms ، والديدان الخطافية Hookworms كالانكلسوتوما التي تتطفل على الانسان وتعيش في أمعائه وتسبب له مرض فقر الدم ، والديدان الدبوسية (الشعرية) Pin worms .

هذا ، وعلى الرغم من تباين طرق معيشة هذه الديدان وتاريخ حياتها ،إلاّ أنها تشترك في **صفات بيولوجية عامه** من أبرزها (الشكل ١–٥) ما يلي :

١– أجسام الديدان الاسطوانية مغطاة بطبقة سميكة نسبيّاً تسمى القشرة Cuticle ؛ والجسم أملس ليس عليه أهداب أو زوائد إذ إنّها ليس لها أعضاء خاصة للحركة ؛ والجسم غير مقسم إلى حلقات ، وتظهر جميع أفراد هذه القبيلة جانبية التماثل .

٢– تتصف حيوانات هذه القبيلة بتجويف جسم غير حقيقي (كاذب) Pseudocoel

يسمى **التجويف الكاذب** Pseudosolomate؛ وهو عبارة عن فراغ البلاستوسيل Blastocoel في التطور الجنيني الذي يبقى مع تطور الجنين حتى الفرد الكامل ؛ وهو (التجويف) غير مغطى بطبقة خلوية تسمى البريتون Peritoneum أو لأنه ليس محدوداً بطبقات من الميزودرم كما هو الحال في الجوف الحقيقي . إلاّ أنّ هذا التجويف (الفراغ) الكاذب يعتبر ميزة للحيوان فوق التجويف الصلب Acoelomate الذي تميزت به قبيلة الديدان المفلطحة . فوجود هذا التجويف يعني أنّه:

أ- يسمح بحرية أكبر لحركة الحيوان ، لذا نجد الحيوان في هذه القبيلة يتحرك بسرعة أكبر من نظيره في الديدان المفلطحة .

ب- يمنح فراغاً كافياً لتطور أجهزة الجسم مثل الجهاز الهضمي والبولي والتناسلي .

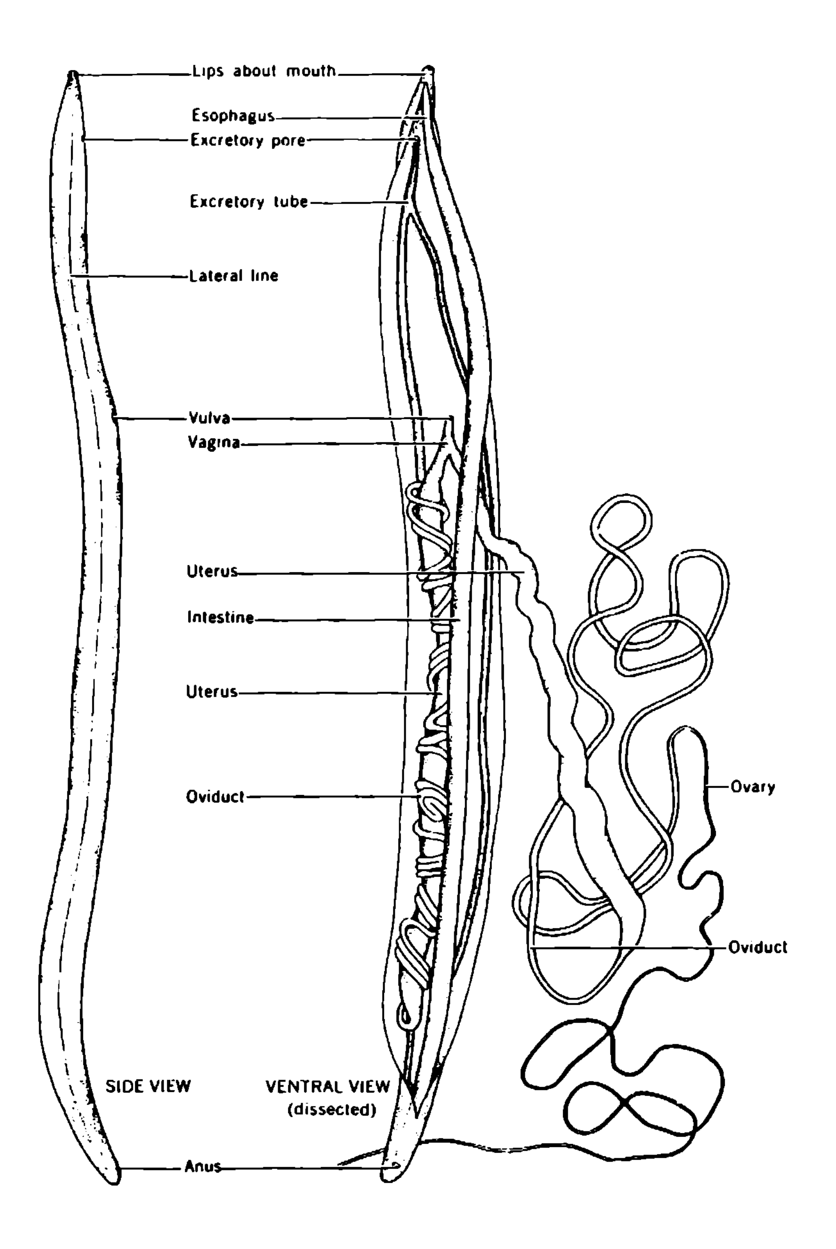
جـ- يعطي فرصة أفضل لتوزيع الغذاء خلال الجسم .

د-يمكن أن يعتبر مخزناً للفضلات إلى حين قذفها إلى خارج الجسم.

هـ- يكوّن هيكلاً مائياً Hydrostatic skeleton أفضل .

٣- أجسام ديدان هذه القبيلة وصلت مستوى العضو في التنظيم البيولوجي ؛ والجسم مكوّن من ثلاث طبقات Triploblastic خارجية ، ومتوسطة ، وداخلية . ويبطن الطبقة الخارجية (الاكتودرم) من الداخل طبقة من الخلايا العضلية تمتد أليافهما طولياً.

٤- لها جهاز هضمي بسيط (تام) لا تتصل به أية غدد هضمية مساعدة ، فهو مكون من فتحة فم وفتحة اخراج Anus ، لذا يعتبر أرقى بيولوجياً من نظيرة في قبيلة الديدان المفلطحة ؛ ويوصف (الجهاز الهضمي) بأنه أنبوب داخل أنبوب . ولا يوجد (غالباً) للحيوان جهاز دوري أو تنفسي (لماذا؟) . أمّا جهاز الهضم ، فيتكون - كما ذكر - من فتحة الفم وبلعوم قصير عضلي (يؤدي وظيفة سحب الغذاء) وأمعاء طويلة نسبيّا تنتهي بأنبوبة قصيرة هي المستقيم Rectum الذي يفتح بالاست . ويتكون الجهاز البولي من قناتين طويلتين تسيران في الخطين الجانبيين وتتحدان في قناة مشتركة في مقدمة الجسم بقرب الفم - كالأسكارس (الشكل١-٥).



الشكل (١-٥) دودة الاسكارس

٥- يتكون الجهاز العصبي من حبلين عصبيين أحدهما حبل عصبي بطني Ventral والآخر ظهري Dorsal يمتدان بطول الجسم ؛ ويتصل الحبلان العصبيان بوصلات عصبية على شكل حلقات تمر بالطبقة الخارجية للجسم ؛ وللحيوان حلقة عصبية Nerve ring أيضاً .

٦- تشترك أجهزة : الهضم والاخراج والتناسل بفتحة واحدة تسمى المجمع .

٧- ديدان هذه القبيلة **منفصلة الجنس** (ذكر ، وأنثى) غالباً Dioecious أي تتمايز الأفراد فيها إلى ذكور وإناث . والذكر عادة أصغر من الأنثى ، والطرف النهائي للذكر ملتوٍ قد ينتهي بشوكة جماع Copulatory spicule كما في ذكر الأسكارس . وفي الأنثى ، يتكون الجهاز التناسلي من مبيضين خيطيين ، يتسع كل منهما ليكون قناة مبيضية Oviduct طويلة تنتهي عادة بالرحم Uterus ؛ ويتقابل الرحمان في قناة ضيقة هي المهبل Vagina الذي يفتح إلى الخارج بالفتحة التناسلية . وتضع الأنثى عادة أعداداً هائلة (عشرات الآلاف) من البيوض يومياً (لماذا؟) . أمّا الجهاز التناسلي للذكر فيتركب غالباً من خصية واحدة خيطية طويلة ملتوية ، تشغل حيزاً كبيراً من فراغ الجسم ، وتودي (الخصية) إلى وعاء ناقل أسمك Vas deference الذي يتسع ليكوّن حويصلة منويةSeminal vesicle أنبوبية الشكل لا تلبث أن تستدق في نهايتها لتكوّن القناة القاذفة Ejaculatory duct التي تفتح في فتحة المجمع في الطرف الخلفي للجسم .

خامساً : قبيلة الحيوانات الرخوة Phylum : Mollusca

الحيوانات الرخوة (أجسامها طرية) كثيرة العدد من حيث أنواعها ؛ وهي تعتبر ثاني أكبر قبيلة (بعد قبيلة مفصليات الأرجل) في المملكة الحيوانية إذ تشكل حوالي (٨٪) من الأنواع الحيوانية المعروفة ؛ منها ما يعيش في الماء أو على اليابسة أو في الصحراء الجافة القليلة الماء والغذاء رغم أنّ أجسامها رخوة طرية . كما تضم القبيلة أفراداً غير متجانسة من حيث معيشتها في بيئات متباينة ، ومن حيث الحجم أو الشكل...الخ. فبعضها صغير الجسم يقل طوله عن بضع مليمترات وبعضها طويل قد يصل طوله خمسة عشر متراً كما في الحبّار الضخم Giant squid الذي يعتبر أكبر

حيوان لا فقري . وبوجه عام ، تعيش حيوانات هذه القبيلة معيشة حرّة ، وتتحرك حركة بطيئة جداً (كالحلازين) أو حركة (سباحة) سريعة جداً في الماء (كالحبار والأخطبوط) . وعليه ، تضم هذه القبيلة مجموعة متباينة من الحيوانات الرخوة يمكن تقسيمها إلى ستة صفوف هي :

١- **صف أحادية الصفيحة** Class Monoplacophora ومنها نيوبيلينا Neopilina .

٢- **صف ثنائية العصب** Class : Amphineura ومنها الكايتون Chitin .

٣- **صف الأصداف النابيّة** Class : Scaphopoda ومنها حيوان شبيه الناب Dental-ium .

٤- **صف بطنية الحركة** Class : Gastropoda ومنها الحلازين البحرية والبرّية والبزاقات Slugs (عديمة الأصداف) .

٥- **صف ذات المصراعين** (Class : Pelecypoda (Bivalvia ومنها حيوان البطلينوس (الكلام) Clam الذي تتكون صدفته من مصراعين .

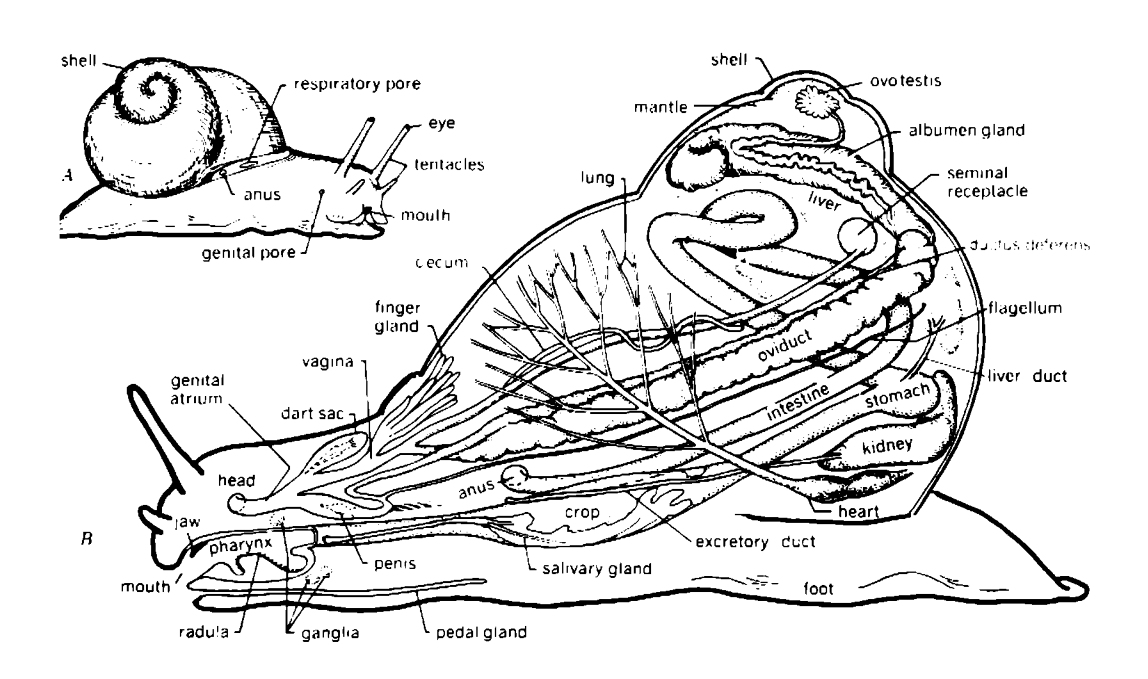
٦- **صف الرأسقدميـــات** Class : Cephalopoda ومنهـا الأخطبـــوط Octopus والحبّار Squid .

هذا وعلى الرغم من التباين الواضح بين أفراد هذه القبيلة ، إلاّ أنها تتصف ببعض **الصفات البيولوجية العامة** التي من أبرزها ما يلي :

١- يتركب أجسام الحيوانات الرخوة من ثلاث طبقات : (الاكتودرم والميزودرم والاندودرم) ؛ ولأول مرة ، يكون لهذه الحيوانات **تجويف بطني حقيقي** Ttrue Coelom (قارن ذلك بالانسان) محدّد بطبقة الميزودرم وبغشاء البريتون Peri-toneum . وأجسامها ، بوجه عام ، جانبية التماثل وبعضها معدوم التماثل . وأجسام الحيوانات الرخوة غير مقسمة إلى قطع ، ولا تحتوي على زوائدجانبية بوجه عام .

٢- منطقة الرأس مميّزة ومحددّة وواضحة لأول مرة في قبائل المملكة الحيوانية ؛ كما أنها مزوّدة بأجزاء رئيسية : كالفم ، وأعضاء الحس ، وعيون راقية نسبياً تشبه لحد بعيد عيون الحيوانات الفقارية (الشكل ١-٦) .

٣–لها جهاز هضمي تام ومعقّد ؛ يبدأ بفتحة فم وينتهي بفتحة است. ويوجد للقناة الهضمية **غدد هضمية** ملحقة مثل الغدد الهضمية digestive glands والكبد Liver (قارن ذلك بالانسان) ؛ وتتغذى الرخويات إما على أغذية نباتية أو أغذية حيوانية ؛ وتتميز بوجود عضو صلب مسنن يتركب من مادة قرنية سطحه مغطى بأسنان حادة عديدة على هيئة صفوف تسمى **الشريط المسنن** Radula .



الشكل (١–٦) : الحلزون : خارجيا وتشريحيّا

٤– تتصف أجسام الرخويات ، كما تدل التسمية ، بالطراوة ، لذا يكون الجسم مغطى عادة بغطاء صلب يسمى **الصدفة** Shell (تتركب من كربونات الكالسيوم بشكل رئيسي) ؛ وهي (الصدفة) مكونة من صدفة واحدة أو صدفتين بأشكال مختلفة لحماية الحيوان إذ يتراجع (يختفي) إليها الحيوان عند شعوره بالخطر من جهة ، كما تحميه من الجفاف وبخاصة الرخويات التي تعيش في الصحراء . ومن الرخويات ما

يكون عديم الصدفة كما في البزاقات Slugs . هذا، ويغطي أحشاء الحيوان نسيج سميك يسمى **العباءة أو البرنس** Mantle وظيفته افراز الصدفة بشكل أساسي ، ويستخدم كعضو للتنفس ، ويساعد على السباحة . وفي الجهة البطنية للجسم ، يوجد عضو عضلي قوي يعرف **بالقدم** Foot يستعمل للزحف ، كما يلتصق الحيوان بواسطته مع الأرض .

٥- للرخويات جهاز دوري من **النوع المفتوح** Open circulatory system (قارن ذلك بالانسان) ، وبعضها له جهاز دوري فعّال (كالحبّار) ؛ أي أنّ الدم يسير في جزء من دورته داخل أوعيته دموية ولكن هذه الأوعية مفتوحة يسيل منها الدم إلى تجاويف الجسم . ولهذا فإنّ الأوعية الدموية موجودة ، والدم عديم اللون تحتوي صبغته على النحاس ويسمى Hemocyanin . وتتنفس الرخويات المائية إمّا بواسطة الخياشيم أو بواسطة البرنس . أمّا الرخويات البرية فتتنفس بواسطة الرئات وبعضها يتنفس بواسطة سطح الجسم .

٦- يتكون الجهاز البولي من زوج من الكلى المسمّاة الميتانفريديا Metanephridia تفتح عادة إلى تجويف البرنس Mantle Cavity . ويتركب الجهاز العصبي من ثلاثة أزواج من العقد العصبيّة تتصل مع بعضها اتصالاً طولياً وعرضياً ؛ كما لها أعصاب خاصة للمس والشم والذوق والتوازن .

٧- الأجناس في الرخويات منفصلة (ذكر وانثى) ؛ لكن بعضها يحمل الأعضاء الجنسية الذكرية والانثوية Monoecious كما في الحلازين . وتتكاثر الرخويات بوجه عام بواسطة **البيوض** Oviporous والاخصاب فيها داخلي (قارن ذلك بالانسان) ؛ وتنمو البويضة المخصبة نمواً مباشراً لتكون الحيوان الكامل ، ويتم النمو عادة بسرعة كبيرة . أمّا في بعض الرخويات ، فتفقس البيضة لتكون **يرقة** Trochophore (Veliger) تتطفل على حيوانات بحرية أخرى كالأسماك ، ثم لا تلبث أن تنمو لتكوّن حيواناً رخوياً آخر .

سادساً : قبيلة الديدان الحلقية Phylum : Annelida

تشمل قبيلة الديدان **الحلقية** (أجسامها مقسمة إلى حلقات) أنواعاً كثيرة ؛ وهي (الحلقيات) تعتبر من أرقى الديدان المعروفة بيولوجياً وذلك بسبب امتلاكها

لخصائص ومزايا بيولوجية لم نصادفها في قبائل الديدان السابقة الذكر .وتعيش معظم الحلقيات في المياه المالحة، ومنها ما يعيش في المياه العذبة وفي التربة الرطبة ؛وأغلبها يعيش معيشة حرة ، إلاّ أنّ بعضها يعيش معيشة طفيلية (كالعلق) . ومن أفراد هذه القبيلة المألوفة (الشكل ١-٧) دودة الأرض Earth worm والعلق Leech ودودة النيريس Nereis . وتضم هذه القبيلة صفين رئيسين هما :

١- **صف كثيرة الأشواك** Class : polychaeta ومنها دودة النيريس Nereis.

٢- **صف ذات السرج** Class: Clitellata وتقع ضمن هذا الصف رتبتان هما:

أ- رتبة **قليلة الأشواك** Order : Oligochaeta ومنها دودة الأرض .

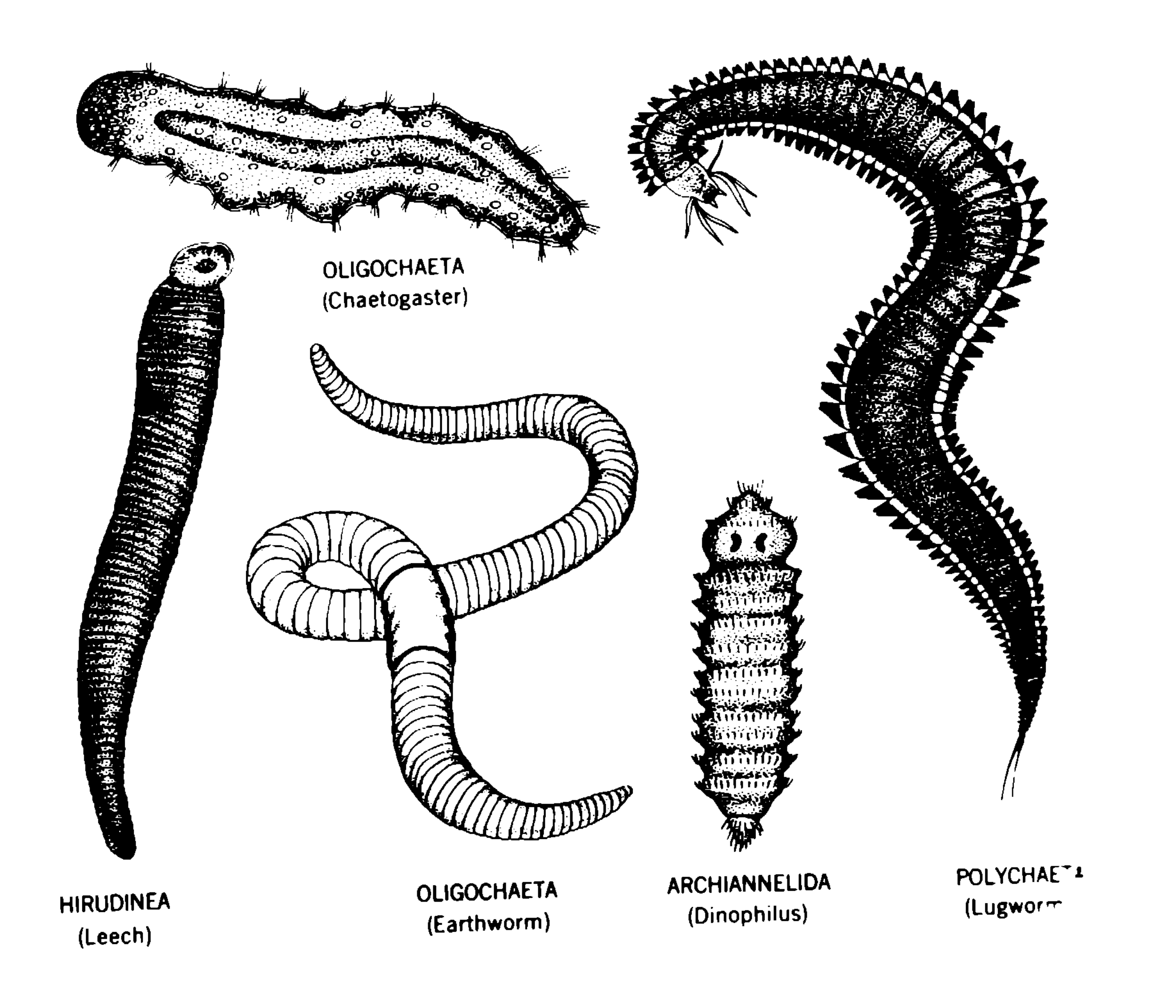
ب- رتبة **العلقيات** order : Hirudinea ومنها العلق .

وللديدان الحلقية مركز مهم في المملكة الحيوانية ، فهي تتميز **بصفات بيولوجية عامة مهمة** من أبرزها ما يلي :

١- تتركب أجسام الحلقيات ، كا تدل التسمية ، من عدد كبير من القطع المتشابهة تسمى **حلقات** (**عُقَل**) Segments وتعرف هذه الصفة **بالتعقيل** Segmenta-tion؛ ويكون التقسيم إمّا **خارجياً** (ظاهرياً) أو **داخلياً** Internal . ويفصل هذه الحلقات عادة حزوز يقابلها في الداخل حواجز عرضية Septa . والجسم بوجه عام يكون جانبي التماثل . كما يوجد على أجسام بعضها (دودة الأرض) تضخم غدّي يُسمى **السرج** Clitillum الذي له علاقة بعملية التكاثر .

٢- تتبع الحلقيات **أولية الفم** Protostomes، ولها **تجويف بطني حقيقي** Eucoelom وثلاث طبقات خلوية ، وجدار الجسم مكون من عضلات طولية ودائرية سواء بسواء .

٣- يغطي جسم الحلقيات **زوائد لحمية** قدمية جانبية تسمى **شبيهات الأقدام** Parapo-dia وتحمل كل حلقة زوجاً من هذه الزوائد القدمية التي توصف بأنها زوائد شعرية تسمى **الأشواك** Setae وظيفتها (الزوائد القدمية) أنها تستخدم للحركة والتنقل وللتنفس أيضاً كما في ديدان صف كثيرة الأشواك (ومن هنا جاءت التسمية) . أمّا الشعيرات فتساعد الحيوان على لصق جسمه بالمنطقة أو الأرضية Substratum التي يسير عليها .



الشكل (١-٧) : أمثلة مختلفة على الديدان الحلقية

٤- جميع أجهزة الجسم موجودة في الحلقيات كمايلي :

أ- الجهاز التنفسي ، يتم التنفس إمّا بالخياشيم أو بواسطة سطح الجلد.

ب- الجهاز البولي ، يتكون من وحدات كلوية تسمى **نيفريديا** Nephridia لكل حلقة تفتح في سطح الجسم (قارن ذلك بالانسان) .

جـ-الجهاز العصبي ، لها (مبدأ) تكوين جهاز عصبي (مركزي) ، أساسه عقد عصبيّة مخيّة Cerebral ganglia ، وحبل عصبي **بطني** مزدوج التركيب

يكوّن في كل حلقة عقدة عصبية تتفرع منها اتصالات عصبية عرضية أخرى .

د- الجهاز الدوري من النوع **المغلق** Closed (قارن ذلك في الانسان) ، إذ يسير الدم في أوعية دموية مغلقة (مقفلة) متصلة ببعضها اتصالاً جيداً ، ويتفرع منها وإليها أوعية دموية أخرى تشابه الشرايين والأوردة في الحيوانات الراقية بما فيها الانسان بوجه عام .

هـ- الجهاز الهضمي ، يتكون من قناة هضمية تمتد بطول الجسم ، ويلاحظ التخصص في مكوناتها المختلفة ، لذا تعتبر نقطة مهمة في مجال تمايز الحيوانات؛ وتضم الأجزاء الهضمية : تجويف الفم Buccal cavity والبلعوم Pharynx والمرىء Esophagous والحوصلة Crop والقانصة Gizzard والأمعاء Intes-tine التي تمتد حتى نهاية الجسم وتنتهي بفتحة الاست (الشرج).

و- الجهاز التناسلي ، الحلقيات نوعان من حيث الجنس: منها ما هو وحيد الجنس ، ومنها ما هو ثنائي الجنس . والنمو إمّا أن يكون نمواً **مباشراً** أي تنمو البيضة مباشرة لتكوّن حيواناً آخر ، أو يكون نمواً **غير مباشر** إذ تمر البيضة بما يسمى الطور اليرقي (**اليرقة المطوقة**) Trochophore ثم يتكون الحيوان الكامل . كما أنّ لبعضها (كما في دودة الأرض) القدرة على تجديد الأجزاء المقطوعة أو المفقودة بحيث إذا قطعت (الدودة) من وسطها إلى قسمين فإنّ كل قسم يكوّن دودة كاملة – وهذا تكاثر لاجنسي يتم بالانقسام غير المباشر ويعطي ديداناً (حيوانات) مشابهة تماماً لأبويها (نسخ كربونية) .

وباختصار ، نستنتج مما سبق أنّ **الديدان الحلقية** تحتل مركزاً بيولوجياً مهماً في المملكة الحيوانية وذلك لاحتوائها على : تجويف جسم حقيقي واسع ، وبداية تكوين جهاز عصبي (مركزي) ، وصفة التقسيم (التعقيل) ، واحتواء الجسم على زوائد ، وجهاز دوري مغلق ، وجهاز بولي فعّال ، وعضلات جدار الجسم طولية ودائرية .

سابعاً : قبيلة مفصليات الأرجل Phylum : Arthropoda

تعتبر قبيلة مفصليات الأرجل أكبر قبائل المملكة الحيوانية من حيث عدد أنواعها، فهي تشكل حوالي (٨٠٪) من الأنواع المعروفة (منها حوالي ٧٦٪

حشرات) . وتضم المفصليات حيوانات متباينة تعيش في بيئات متباينة في البر والبحر والجو؛ منها ما يعيش في المياه المالحة والعذبة ، والأماكن الرطبة ، والمناطق الصحراوية الجافة ، ومنها ماله القدرة على الطيران ، وبعضها يعيش متطفلاً على الحيوان والنبات ، وبعضها يعيش معيشة انفرادية أو جماعية (كالنحل والنمل) ....؛ كما تعتبر حيوانات هذه القبيلة من أكثر قبائل الحيوان **تأقلماً وتكيفاً** في بيئات مختلفة متباينة . وتضم أفراد هذه القبيلة حيوانات متباينة (الشكل ١-٨) كما في : الحشرات والعناكب والعقارب والقشريات والقراد وحيوانات عديدة الأرجل . وتصنف أفراد هذه القبيلة إلى تحت قبيلتين هما :

الأولى : تحت قبيلة ذات القرون المخلبيّة Sub-phylum: Chelicerata

وتضم صفين رئسيين هما :

١- **صف السرطانات** Class : Merostomata كما في مجموعة السرطانات ومنها سرطان حذوة الفرس Horse shoe-Crabs .

٢- **صف العنكبوتيات** Class: Arachnida ويقع تحتها ثلاث رتب هي :

أ- **رتبةالعقارب** Order : Scorpionida ومنها العقارب .

ب- **رتبةالعناكب** Order : Araneae ومنها العناكب .

جـ- رتبة **القراد** Order: Acarina ومنها القراد والعث .

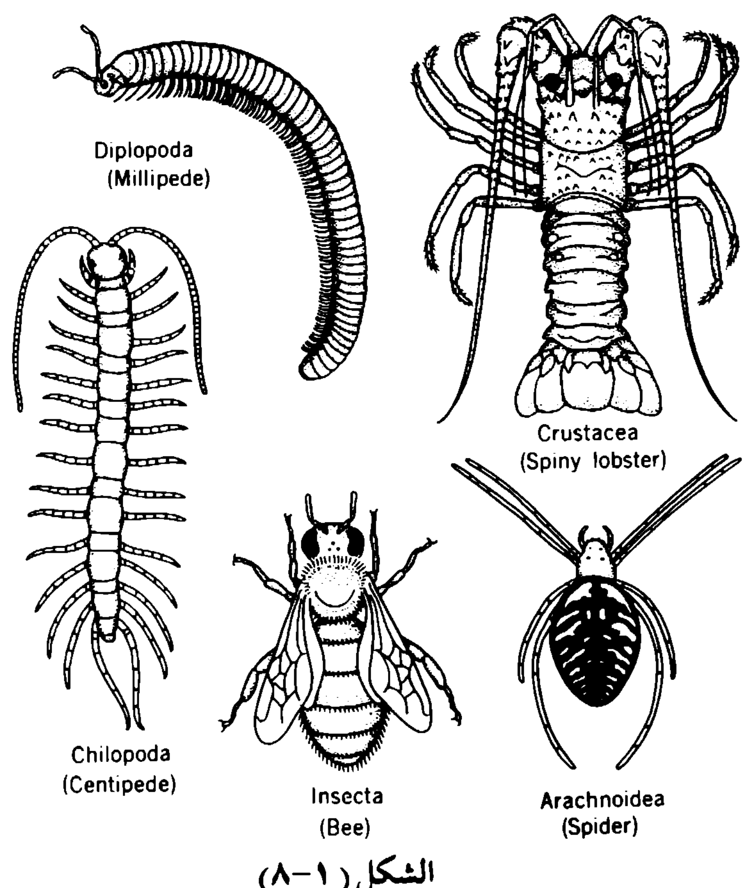
الثانية: تحت قبيلة ذات الفكوك Sub-phylum: Mandibulata وتضم أربعة صفوف هي :

١- **صف القشريات** Class : Crustacea ومنها الإربيان (جراد البحر) Crayfish.

٢- صف **ذوات المئة رجل** Class : Chilopoda ومنها أم الأربع وأربعين Centipede .

٣- **صف ذوات الألف قدم** Calss: Diplopoda ومنها دودة ألفيّة الأرجل Millipede .

٤- **صف الحشرات (سداسية الأرجل)** Class : Insecta(Hexapoda) ومنها النحل والجراد والذباب والصراصير .... الخ.



الشكل (١-٨)

أمثلة مختلفة على حيوانات مفصليات الأرجل

هذا ، وعلى الرغم من تباين أفراد مفصليات الأرجل ، إلاّ أنها تتصف وتتميز **بصفات بيولوجية عامة** من أبرزها ما يلي :

١- تقع المفصليات (أرجلها مقسمة إلى عدة قطع ومفاصل) في خط النمو المسمى **أولية الفم** Protostoma ؛ ولها تجويف حقيقي لكنه صغير يسمى **التجويف الدموي** Hemocoel مملوء بالدم . وأجسامها جانبية التماثل ، مكونة من ثلاث طبقات خلوية ؛ والجسم عادة مقسم إلى عدد من الحلقات (كالديدان الحلقية) الثابتة ؛ وهي على مستوى العضو - الجهاز Organ - system في التنظيم البيولوجي .

٢- يحمل الجسم مجموعة من الزوائد **ذوات المفاصل** Jointed appendages منها ما يكون متحوراً ليناسب الوظيفة التي يقوم بها ، ومن هذه الزوائد ما يلي :

أ- زوج أو زوجان من قرون الاستشعار Antenae للحس ، وزوائد فميّة للتغذية عادة .

ب- ثلاثة أزواج من الأرجل (كالحشرات) أو أربعة أزواج من الأرجل (كالعناكب والعقارب) أو خمسة أزواج من الأرجل (كالاربيان – جراد البحر) أو ستة أزواج من الأرجل (كسرطان حذوة الفرس) ؛ وبعض هذه الزوائد يسخدم لأغراض المشي Walking أو الحفر digging أو الحس Sensory أو التكاثر Copulation أو لتناول الغذاء Nutrition أو الحماية defense أو السباحة Swimming .

جـ- بعضها له زوائد بطنية خاصة المفصليات التي تعيش في الماء كالإربيان (أو الجمبري) Crayfish تساعدها على السباحة في الماء ومآرب أخرى للحيوان.

٣- الجسم النموذجي مقسم إلى ثلاثة أقسام هي : الرأس Head والصدر Thorax والبطن Abdomen ؛ ويتحد الرأس والصدر أحيانا ليكون منطقة واحدة تسمى الرأس – صدري Cephallothorax ؛ والجسم عادة خالٍ من الأهداب Cilia .

٤- الجسم مغطى **بهيكل خارجي** Exoskeleton (قارن ذلك في الإنسان) مركب من مادة الكايتن Chitin (تحتوي على عنصر النيتروجين) ؛ ويفرز الهيكل عادة من البشرة أو الأدمة الموجودة تحته . هذا ، وعلى الرغم أنّ الهيكل الخارجي يعطي حماية وقوة أفضل للحيوان المفصلي ، ويقلّل أيضاً من تبخر الماء وفقدانه خاصة عند المفصليات التي تعيش في اليابسة ، إلاّ أنه يترتب عليه نتائج أخرى منها ما يلي :

أ- يصبح نمو الحيوان محدوداً ، فهو بالتالي يحدّ من نمو الجسم ؛ إلاّ أنّ الحيوانات المفصلية حلّت هذه المشكلة بواسطة **الانسلاخ** Molting التي فيها تتخلص من الهيكل الخارجي لأغراض النمو ، وتتخلص أيضاً من الفضلات النيتروجينيّة السامّة التي أفرزها (أو يفرزها) الجسم . وفي هذه

المرحلة (الانسلاخ) ، يمر الحيوان في نقطة ضعف بحيث يكون فريسة سهلة للحيوانات المفترسة الأخرى .

ب- بما أن الهيكل غطاء فعّال في حفظ ماء الحيوان لدرجة كبيرة ، فإنّه يترتب عليه أن يمنع تسرب الهواء (الأكسجين) إلى الحيوان ، لذا لا بد للحيوان أن يمتلك جهازاً خاصاً للتنفس ؛ وعليه ، فإنّ بعض المفصليات لها **قصبات هوائية** (كالحشرات)Trachea منتشرة في أجزاء الجسم المختلفة وفعّالة في عملية التنفس ؛ ومنها ما له **خياشيم** Gills للتنفس في الماء ، ومنها ما له **كتب رئوية** (كالعقارب)Book lungs أو **كتب خيشومية** Book Gills كالعناكب ، أو يتم التنفس عن طريق سطح الجسم .

جـ- وجود الهيكل الخارجي يعني أنّ الهيكل المائي Hydrostatic لا يمكن استخدامه أو الاستفادة منه في حيوانات هذه القبيلة ؛ وعليه ، وجد مكان للعضلات الخارجية تتصل به . ولهذا تعتمد مفصليات الأرجل في حركتها على العضلات مما زاد قدرتها على سرعة الحركة (أو السباحة أو الطيران... الخ) والتنقل من مكان إلى آخر .

٥- الجهاز الهضمي تام ،مكون من قناة هضمية وسطية وملحقاتها ، وتمتد بطول الجسم لتنتهي بفتحة الاست ، وأجزاء الفم مهيأة (متكيفة) لنوع الغذاء (قارن ذلك بتنوع الأسنان في الثدييات بما فيها الانسان) الذي يتغذى عليه الحيوان ، وبالتالي تظهر جميع أنواع التغذية بوجه عام التي منها ما يلي :

أ- آكلة الأعشاب Herbivorous .

ب- آكلة اللحوم Carnivorous .

جـ-آكلة الأعشاب واللحوم Omnivorous .

د- متطفلةParasites .

هـ- معيشة جماعية (كالحشرات الاجتماعية مثل النحل والنمل) أو معيشة تبادلية (تبادل منفعة) مع كائنات حية أخرى ... الخ.

٦- الجهاز الدوري من النوع المفتوح ، والقلب موجود في الجهة الظهرية (قارن ذلك في الانسان) وتتصل به أوعية دموية ؛ وينساب الدم عادة في تجويف الجسم ويغمر الأعضاء المختلفة .

٧- الجهاز الاخراجي ، يتم التخلص من الفضلات النيتروجينية (الأمونيا أو اليوريا أو حامض اليوريك) حسب نوع الحيوان ، إمّا بواسطة غدد اخراجية تسمى **الغدد الخضراء** Green glands أو عن طريق **أنابيب مليبجي** (كالحشرات) Malpighi-an tubules أو بواسطة **غدد حرقفية** Coxal glands ؛ويتم التخلص من الفضلات النيتروجينية (غالباً) على شكل حامض يوريك (بوليك) Uric acid كما في الحشرات (قارن ذلك بالانسان - ولماذا ؟) كما أن بعض الفضلات يتم التخلص منها مع الهيكل الخارجي أثناء عملية الانسلاخ .

٨- الجهاز العصبي (مركزي) ،يتكون من المخ (وهو عبارة عن عقد مخيّة مندمجة تكون المخ) ، ومنه يمتد الحبل العصبي (المزدوج) بطول الجسم في الجهة البطنيةVentral من الجسم (الشكل ١-٩) . كما توجد أعضاء متقدمة بيولوجياً للحس كما في : قرون الاستشعار ، والعيون المركبة المكونة من عديسات (عوينات) صغيرة تسمى كل منها عديسة أو عوينة Ommatidium ؛ وبعضها يملك أعضاء السمع أو أعضاء توازن أو شعيرات حس Sensory bristles .

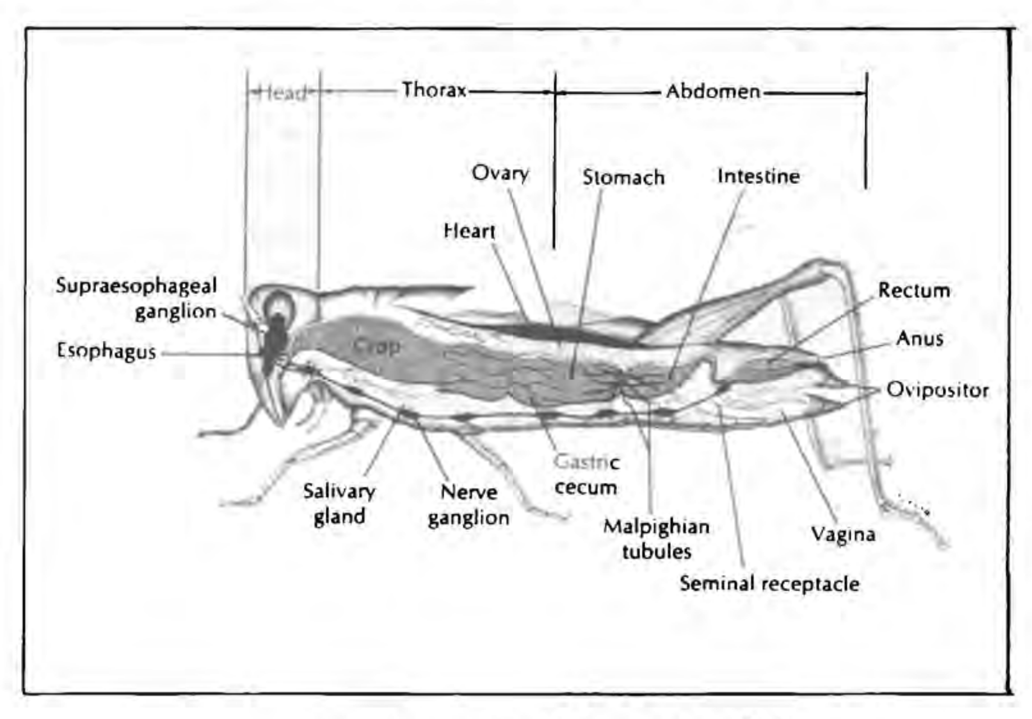
٩- التكاثر ، المفصليات منفصلة الجنس أي تتمايز إلى أفراد مذكرة وأخرى مؤنثة ، والقليل منها ثنائي الجنس ، وأعضاء التناسل قنواتها مزدوجة . ويوجد التكاثر على أشكال مختلفة منها ما يلي :

أ- **بياضة** ، تتكاثر بواسطة البيوض وتضع الأنثى البيض خارج الجسم ، وتتطوّر الأجنة (خارج جسم الأم) لتكوّن أفراداً جديدة ؛ وهذا التكاثر كما يبدو ، هو الشائع في المفصليات .

ب- **بياضة ولودة** Ovoviviparous وتتطور البيوض **داخل** جسم الأم دون أن يكون لها علاقة مع الأم من حيث التغذية (كالعقارب) ،وتفقس البيوض إمّا

داخل الأم ثم تخرج صغاراً ، أو تضع (الأم) البيوض **وتفقس مباشرة** بعد خروجها من الأم (إلاّ أنها تطورت جنينياً داخل الأم) .

جـ- **ولودة** (نسبياً) وهو تكاثر ولادي Viviparous تتطور فيه البيوض داخل جسم الأم مع اعتماد الجنين على الأم نسبيًا أو لدرجة محدودة ، لذا توصف بأنها تلد صغاراً مشابهة للأبوين (تقريباً) ؛ إلاّ أنّ هذا النوع من التكاثر قليل الحدوث في أفراد مفصليات الأرجل بوجه عام .



الشكل (١-٩) : التركيب الداخلي للجرادة

أمّا من حيث التطور Metamorphosis ، نجد أنّه يختلف حسب المفصليات ، وهو نوعان بوجه عام هما :

١- عديم التطور أي يكون النمو مباشراً ، وفيه تفقس البيوض عن صغار شبيهه بالأم تقريباً لكنها أصغر كما في : العقارب والقمل والسمك الفضي .

٢- متطورة أي يكون النمو غير مباشر ، وهنا لا بد أن يكون هناك تطور ما أو تمايز بيولوجي يمر به الجنين على أشكال متغيرة حتى يصل تمام النمو الكامل . ويتميز هذا النوع من التطور الجنيني إلى نوعين هما :

أ- **كاملة التطور** Holometabolous وفيه تضع الأم البيضة وتفقس إلى **يرقة** Larva يحدث فيها عدة انسلاخات فتتحول إلى مرحلة ساكنة نسبياً تسمى **عذراء** Pupa موجودة داخل غشاء يسمى **الشرنقة** Cocoon تتحول فيها تدريجياً إلى حيوان بالغ النمو كما في الحشرات مثل : النحل والذبابة والبعوض .

ب- **ناقصة التطور** Hemimetabolous وفيه تفقس البيوض إلى صغار تشبه الأبوين تقريباً إلاّ أنها صغيرة الحجم وجهازها التناسلي غير مكتمل تسمى **الحوريات** Nymphs التي لا تلبث أن تنسلخ عدة انسلاخات لتكون الحيوان البالغ كما في (الحشرات) الجراد والصراصير .

ومما يجدر ذكره في هذا الصدد ، أن هناك بعض المفصليات (كالحشرات مثلاً) تتكاثر بطريقة تسمى التوالد البكري (العذري) كما في عاملات (شغالات) نحل العسل التي تنشط مبايضها أحياناً فتضع بيضاً غير ملقح ينتج عنه ذكور النحل ؛ وتسمى هذه العاملات (الشغلات) بالأمهات الكاذبة .

نستنتج مما سبق ، أنّ **قبيلة مفصليات الأرجل** تعتبر من أنجح حيوانات المملكة الحيوانية إذ تشكل حوالي (٨٠٪) من الأنواع المعروفة . ولعلّ السؤال الذي يطرح نفسه هو : لماذا هذا النجاح ؟ لا بد من وجود معايير بيولوجية يمكن الاحتكام إليها أو اعتبارها كمقياس لمدى نجاح أية مجموعة بيولوجية ؛ من هذه المعايير البيولوجية تذكر البحوث البيولوجية المعايير (البيولوجية) التالية :

١- عدد الأنواع الموجودة وأصنافها .

٢- تنوّع مكان المعيشة .

٣- توزيع الكائنات الحية .

٤- تنوّع طرق التغذية .

٥-وسائل أساليب الحماية والدفاع وفعاليتها .

٦- مدى تأقلم وتكيف الكائن الحي للبيئة التي يعيش فيها .

من حيث **الأنواع** ، هناك ما يزيد على مليون نوع من المفصليات المعروفة ، تعيش في بيئات متباينة تتراوح من الماء المالح والماء المتوسط الملوحة والماء العذب ، والمعيشة في التربة وعلى اليابسة وفي الأماكن الجافة الصحراوية (الشديدة الحرارة والقليلة الماء والغذاء) ؛ والقسم الأعظم منها له القدرة على الطيران (كالحشرات) مما يجعلها سريعة الحركة والتنقل وبالتالي التوزيع في مناطق مختلفة وعلى ارتفاعات متباينة تتراوح من قمم الجبال إلى أعماق تصل بضعة كيلومترات تحت سطح البحر . ومن بين المفصليات التي نجحت نجاحاً باهراً وملحوظاً بيولوجياً (الحشرات) ... فهي تشكل حوالي (٧٦٪) من الأنواع المعروفة في المملكة الحيوانية موزعة في مناطق عديدة ومتباينة في البر والبحر والجو . وتتغذى بأساليب وطرائق متنوعة ، فمنها ما يتغذى على الأعشاب ، ومنها ما هو مفترس يعيش على كائنات حية أخرى ، ومنها ما يجمع بين الأعشاب واللحوم في غذائه وتغذيته ، ومنها ما يعيش رميّا أو متطفلاً على الحيوانات بما فيها الانسان نفسه ومنها ما يعيش حياة اجتماعية كالنحل والنمل .

أما بالنسبة **لوسائل الدفاع والحماية** ، فهناك أساليب ووسائل دفاع وحماية كثيرة وغريبة لدى مفصليات الأرجل ، فبعضها يملك آلة لسع تفرز سموماً تخدّر بها الحيوان ؛ وبعضها له زوائد وتراكيب تسبب الهلع والخوف لدى الحيوانات الأخرى ؛ ومنها ما يلجأ إلى الهرب في الجحور أو الهرب في الزمان (النوم العميق الطويل) أو المكان - الانتقال من مكان إلى آخر (الطيران والهجرة) ؛ ومنها ما يتلوّن بلون المكان أو البيئة التي يعيش فيها ليختفي إمّا للهرب من العدو أو للافتراس ؛ ومنها ما يترك زائدة من زوائده للمفترس ليقوم بتعويضها مستقبلاً ؛ ومنها ما يعيش معيشة جماعية تؤمّن لها الحماية من الآخرين (كالنحل والنمل) والعيش معيشة جماعية تعاونية في السراء والضرّاء .

أما بالنسبة **لتكيّف وتأقلم قبيلة مفصليات الأرجل للبيئة** ، فنلاحظ أنها توافرت

لديها وسائل أساسية (تكيفيّة) ثلاث هي :

أولاً : التكيفات المورفولوجية Morphological Adaptations وتتمثل بالتكيفات الشكلية (المورفولوجية) التالية :

١- **الهيكل الخارجي** Exoskeleton

أ- يعتبر درع وقاية وحماية للحيوان المفصلي ، وبالتالي يقلّل من نسبة الوفيات لدى مفصليات الأرجل .

ب- يقلل ما أمكن من كمية الماء المفقودة بشكل ملحوظ خاصة في حيوانات مفصليات اليابسة أو الصحراء كالحشرات والعقارب وعديدة الأرجل .

جـ- يعطي فرصة أفضل لربط عضلات الجسم ، وبالتالي تصبح العضلات المخططة هي السائدة في حيوانات هذه القبيلة مما يعطي فرصة أكبر للحركة والتنقل السريع والهروب من الأعداء أو اللحاق بالفريسة .

د-بعض هياكل المفصليات ملوّن أو مصبوغ بصبغات معينة تتناسب والبيئة التي تعيش فيها مما يعطي الحيوان الفرصة للتواري والاختفاء هرباً أو لحاقاً بالفريسة.

٢- كون الجسم النموذجي مقسماً إلى : رأس وصدر وبطن أو رأس - صدري وبطن ، ووجود التقسيم (أو التعقيل) ... هيّأ الحيوان لحمل زوائد الجسم العديدة التي **تكيفت لأغراض** ووظائف مختلفة من بينها ما يلي :

أ- بعضها تكيف لاقتناص الفريسة .

ب- بعضها تكيف لاستخدامه للحس .

جـ- زوائد تكيفت لغرض السباحة في الماء .

د-زوائد تكيفت لأغراض التكاثر .

هـ-زوائد تكيفت للحفر .

و- بعضها يمكن أن ينفصل عن الحيوان (نتيجة الافتراس) ثم يجري تعويضه

فيما بعد .

٣- إنّ وجود أعضاء تنفس خاصة ومتخصصة ، تعطي الحيوانات المفصلية فرصاً أفضل للعيش وللتكيف في بيئات متباينة في الماء واليابسة ، فعلى سبيل المثال نجد ما يلي :

أ- المفصليات المائية تتنفس بواسطة الخياشيم .

ب- المفصليات البريّة التي تعيش على اليابسة يمتلك معظمها جهازاً تنفسياً فعالاً ينتشر في الجسم خلال فتحات معينة Spiracles وبالتالي أصبح مع اتصال مباشر مع الجو ؛ هذا بالاضافة إلى أنّ قسماً كبيراً من المفصليات لديه القدرة على التحكم في عملية فتح الفتحات (أو الثغور) التنفسية الموجودة على سطح الجسم وبالتالي يقلّل بنسبة ملحوظة كمية الماء المفقودة وخاصة لدى المفصليات الصحراوية .

٤- المفصليات تملك أعضاء خاصة متطورة للحس ، فمثلاً :

أ- وجود أعين مركبة مع أعين بسيطة تجعل الحيوان أكثر حذراً وانتباهاً وفاعلية بيولوجياً .

ب- وجود أعضاء (الحس والشم واللمس والسمع والتوازن) تعني زيادة فرصة الحيوان لتحديد موقع فريسته بشكل أفضل وأدق من جهة ، والهرب من أعدائه من جهة ثانية ؛ أو إيجاد (الجنس الآخر) لأغراض التكاثر وحفظ النوع .

٥- التكاثر ، هناك استراتيجيتان ساعدتا المفصليات على نجاحها وهما :

أ- التركيز على استراتيجية وضع البيض بكميات كبيرة جداً . وهذا يعني زيادة فرص البقاء للحيوان ونوعه مما جعل بعض علماء الأحياء يقترحون أنها (وخاصة الحشرات) (سترث الأرض) بيولوجياً .

ب- وجود أطوار مختلفة في تكاثر المفصليات يجعل كل طور ربما يتغذى على نوع مختلف من الغذاء وبالتالي تقل عملية التنافس بين أفراد المجموعة

الواحدة (أو النوع الواحد) وتزداد فرصة البقاء وحفظ النوع البيولوجي سواء بسواء .

ثانياً : التكيفات السلوكية Behavioral Adaptations

إذا تعرض الحيوان المفصلي لظرف بيئي غير مناسب ، فكيف يستطيع أن يجابه هذا التغير سلوكياً ؟ إنّ لديه واحداً أو أكثر من السلوك للاستجابة (سلوكياً) لهذا التغير البيئي :

١- يهرب الحيوان من مكانه الأصلي إلى مكان آخر، وهذ السلوك ميسّر لدى قسم كبير من مفصليات الأرجل وبخاصة (الحشرات) التي يملك معظمها زوجان من الأجنحة تطير بهما **وتهاجر** إلى مكان آخر وأسراب الجراد مثال واضح على ذلك .

٢- يهرب الحيوان لكنه يبقى في مكانه ، وفي هذا النوع من الهرب (السلوك) يكون الهرب في الزمان Time ، إذ يلجأ قسم كبير من المفصليات (كالحشرات مثلاً) للنوم الطويل Diapause حتى تتحسس الظروف وتصبح فرصة الحياة والبقاء أفضل فيخرج الحيوان من سباته الطويل ليبدأ جميع نشاطاته الحيوية . كما أنّ عملية الهروب في الزمن (النوم العميق أو السبات) يمكن أن تقوم به جيمع أطوار الحيوان الكامل ؛ فهناك أنواع من الحشرات(تنام) بيوضها طول فترة الجفاف أو عندما تسوء البيئة ولا تفقس إلاّ إذا تحسنت الظروف البيئية . كما أنّ بعض الأطوار الجنينيّة تنام (لتسكن) لمدة طويلة كما في يرقات وعذارى بعض الحشرات . ومن الحيوانات البالغة التي تنام نوماً عميقاً ، بعض الحلازين التي تعيش في الصحراء الجافة والتي تنام معظم أشهر الصيف (بيات صيفي Aestivation) والحرّ تجنباً لشدّة الحرارة ونقص الغذاء . ومن الحيوانات كما في ذوات الألف قدم (Milli-pedes) ما ينام حوالي تسعة شهور من السنة وبالتالي تزداد فرصة بقائها وحفظ نوعها .

٣- يبقى الحيوان في البيئة يصارعها ويتصارع معها فمنها :

أ- يحاول التجمع مع أنواعه ليكوّن عشاً خاصاً به مع تقسيم العمل بين أفراد

جماعته ، وبالتالي يعيش معيشة جماعية ويقاوم أعداءه بفعالية أكثر (كالنحل والنمل) .

ب- يخرج في أوقات معينة في اليوم في الصباح أو المساء ، أو في النهار أو في الليل مما تزيد فرصة بقائه ،ويقل التنافس على الغذاء ، وبالتالي يحافظ على نوعه .

ثالثاً : التكيفات الفسيولوجية Physiological Adaptations

تتمثل التكيفات الفسيولوجية بما يلي :

١- تطوير مقاومة أو مناعة كما في (الحشرات) للمبيدات الزراعية التي يستخدمها الانسان ، وهذه الصفة ربما تزيد احتمالية وراثتها للأرض بيولوجياً.

٢- انتاج سلالات جديدة من خلال الطفرات الوراثية ملائمة لظروف البيئة والحياة فيها .

٣- التخلص من الفضلات النيتروجينية وفقاً للبيئة التي يعيش فيها الحيوان إمّا على شكل أمونيا أو يوريا أو حامض يوريك . فعلى سبيل المثال ، فإنّ المفصليات التي تعيش في الماء لا مانع لديها أن تخرج الفضلات النيتروجينية على شكل **أمونيا** التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الماء (بالإضافة إلى سميّتها) للتخلص منها . مقابل ذلك ، نجد المفصليات البرية وبخاصة الصحراوية منها ، تلجأ إلى التخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل **حامض يوريك** وذلك لأنه لا يحتاج إلى كمية كبيرة من الماء للتخلص منه ، كما أنه غير سام نسبياً ، ويمكن تخزينه في الهيكل الخارجي للحيوان والتخلص منه عند الانسلاخ . كما توجد مجموعة أخرى من المفصليات تتخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل **يوريا (بولينا)** التي تعتبر في خصائصها السميّة والمائية وسطاً بين الأمونيا وحامض اليوريك (البوليك) .

ثامناً : قبيلة شوكية الجلد Phylum : Echinodermata

يحتوي أجسام قبيلة شوكية الجلد ، كما تدل التسمية ، على أشواك كلسية $CaCO_3$ عديدة . وتعيش أفراد القبيلة في المحيطات والبحار على أعماق مختلفة ؛ وقد وجد بعضها على عمق يزيد على عشرة كليومترات ، وتعيش معيشة حرة ، ولم يوجد منها أنواع متطفلة ولو أنها تختفي داخل أو بجوار حيوانات بحرية أخرى . ومن الحيوانات المألوفة التي تقع في هذه القبيلة حيوانات (الشكل ١-١٠) : نجم البحر Star fish ونجوم البحر الهشّة Britlle stars وقنافذ البحرSea urchins ودولارات الرمل Sand dollars وخيار البحر-Sea cucum bers وزنابق البحرSea lilies والنجوم الريشيّة Feather stars. وعليه ، يقع ضمن هذه القبيلة خمسة صفوف شائعة هي :

١- **صف نجم البحر** (النجميات) Class: Asteroidea ومنها نجم البحر ،له خمس أذرع مثلثة الشكل عادة وغير متميزة عن القرص الوسطي للحيوان (الشكل ١-١٠) .

٢- **صف نجوم البحر الهشّة** Class : Ophiuroidea ومنها النجوم الهشة (لسهولة كسرها) وأذرعها متميزة عن الوسط القرصي عادة ؛ وهي أعضاء الحركة الرئيسية لهذه الحيوانات .

٣- **صف قنافذ البحر** Class : Echinoidea ومنها قنافذ ودولارات الرمل ؛ وهي حيوانات بحرية كروية الشكل تتميز بعدم وجود أذرع لها وتحتوي عادة على هيكل كلسي داخلي.

٤- **صف خيار البحر** Class : Holothuroidea ومنها خيار البحر ؛ وهي حيوانات ليس لها أذرع ، أجسامها رخوة غريبة الأشكال والتركيب .

٥- **صف زنابق البحر** Class : Crinoidea ومنها زنابق البحر والنجوم الريشيّة؛ وهي حيوانات غير متحركة نسبياً أو أنها تبقى بدون حركة لمدة طويلة في بعض أطوار حياتها ؛ لكن الحيوان الكامل يتحرك بحرية ولو أنه قد يبقى مثبتاً لمدة طويلة دون أن يتحرك من مكان إلى آخر .

تتصف قبيلة شوكيات الجلد **بصفات ومميزات بيولوجية عامة** من أبرزها ما يلي:

١- تعتبر قبيلة شوكيات الجلد الوحيدة من اللافقاريات التي توصف بأنها ثانوية الفم Deutrostomes ؛ وبهذه الصفة أو الميزة تشترك مع الحيوانات الراقية الأخرى كالحبليات (بما فيها الانسان) ، ويترتب على هذه الميزة ما يلي :

أ- انقسامات البيضة الأولى يكون من النوع الشعاعي Radial cleavage .

ب- لا تتمايز الخلايا لتكوين أجزاء محددة Indeterminate cleavage .

جـ- ينشأ تجويف الجسم من جيوب خاصة تبرز من المعى القديم Entero- coelous .

Asteroidea (Sea star)

Echinoidea (Sea urchin)

Ophiuroidea (Brittle star)

Holothuroidea (Sea cucumber)

Crinoidea (Sea lily)

الشكل (١-١٠)

أمثلة لحيوانات قبيلة شوكية الجلد

د- تتكون الاست من فتحة البلاستولة Blastopore بينما ينشأ الفم في الجهةالمقابلة وذلك بانغماد الطبقة الخارجية (الاكتودرم) .

٢- تحتوي أجسامها على هيكل **داخلي** Endoskeleton (قارن ذلك بالانسان) مكون من قطع صغيرة أو من صفائح كلسية تتصل ببعضها بواسطة نسيج ضام وعضلات تكسب الجسم مرونة وبذلك يمكنه من الانحناء أو الالتواء . كما تتصل بالهيكل **أشواك** Spines تبرز خارج الجسم وتستخدم لوقاية الحيوان وحمايته ؛ ويوجد عند قواعد هذه الأشواك **زوائد مسنّنة** (تتحرك بواسطة عضلات خاصة) تسمى **الملاقط** Pedicellariae تساعد الحيوان على تنظيف سطح الجسم ، كما تفيده في التقاط الغذاء . وتوجد على سطح الجسم بين الأشواك زوائد اصبعية الشكل ذات وظيفة تنفسية تسمى **الخياشيم الجلدية** Dermal branchiae .

٣-أجسام الشوكيات ذات **تناظر شعاعي** Radial symmetry أو **شعاعي ثنائي** Biradial بينما أطوارها اليرقية ذات تناظر جانبي Bilateral . وهذا التناظر يختلف بوجه عام عن التناظر في قبائل الحيوانات السابقة الذكر التي غالباً ما تكون أجسامها ذات تماثل جانبي . كما يوجد لهذه الحيوانات تجويف جسمي حقيقي .

٤- تنفرد الشوكيات في أنّها تملك ما يسمى **بالجهاز الوعائي المائي** Water- Vascular System الذي يتكون من الأجزاء التالية :

أ- المصفاة Madreporite وهي عبارة عن فتحة لدخول الماء توجد بالقرب من فتحة الاست ؛ وهي مزودة بسطح شبكي لعزل الشوائب التي قد توجد في تيار الماء .

ب- الأنبوبة الحجرية Stone canal وهي أنبوبة تصل المصفاة بالأنبوبة الحلقية .

جـ- الأنبوبة الحلقية Ring canal وهي أنبوبة حلقية الشكل تحيط بالفم .

د- القنوات الشعاعية Radial canal وتخرج هذه القنوات من الأنبوبة الشعاعية، وعددها خمس قنوات نموذجياً ، وتمتد كل قناة في كل ذراع من أذرع الحيوان بوجه عام .

هـ- القنوات الجانبية Lateral canals وتخرج من القنوات الشعاعية ، وهي كثيرة العدد ؛ وكل قناة مجهزة بصمّام تصل القدم الأنبوبية بالجهاز الوعائي المائي .

و- الأقدام الأنبوبية Tube feet وهي مرتبة (عادة) في صفين على طول مجرى كل ذراع. والقدم الأنبوبي عبارة عن أنبوب عضلي رقيق الجدار ينتفخ أحد طرفيه بشكل **فقاعة جانبية** Ampula داخل الذراع ؛ ويبرز الطرف الآخر من القدم خارج الجسم ، ويحمل عادة **ممصات** Suck-ers. ويؤدي الجهاز الوعائي المائي للحيوان أكثر من وظيفة ، إذ إنّ له علاقة : بالتغذية والحركة والتنفس والاحساس لدى الحيوان .

٥- الجهاز التنفسي ، يتم التنفس في الشوكيات بعدة وسائل منها ما يلي :

أ- بواسطة الخياشيم الجلدية ، وهي موجودة بين الأشواك وتتصل بتجويف الجسم ، ويحدث تبادل الغازات عن طريق الجدر الرقيقة ؛ كما أنّ لها علاقة بالاخراج.

ب- بواسطة الأقدام الأنبوبية .

جـ-بواسطة **الشجرة التنفسية** Respiratory tree كما في خيار البحر .

٦- الجهاز الدوري ، يسمى الجهاز الدوري في الشوكيات الجهاز الوعائي الدموي ؛ وهو جهاز صغير جداً يلعب دوراً يكاد لا يذكر بالنسبة لدوران ونقل سوائل الجسم بوجه عام .

٧- الجهاز الهضمي ، للشوكيات قناة هضمية تامة مكونة من فتحة فم وتنتهي بفتحة الاست . وقد تكون القناة الهضمية ملتوية ؛ وبشكل عام، تعيش الشوكيات معيشة حرّة (غير متطفلة) لذا تعتبر حيوانات مفترسة .

٨- الجهاز العصبي موجود ، وهو يتألف من (٢-٣) شبكات عصبية ، وعادة ثلاث شبكات عصبية (كنجم البحر) هي :

أ- الجهاز العصبي الفمي ، وهو مؤلف من حلقة عصبية حول الفم ، يخرج

منها حبل عصبي في كل ذراع من أذرع الحيوان .

ب- الجهاز العصبي العميق ، ويتكون من حلقة عصبية .

جـ- الجهاز العصبي الجوفي .

٩- لا يوجد للشوكيات جهاز إخراجي خاص بها ؛ ويتم الاخراج بواسطة خلايا **أميبيّة** خاصة Amoebocytes ؛ وهي تؤدي وظيفة إخراجية تخرج نواتج الهدم عن طريق الخياشيم التنفسية من خلال جدرها الرقيقة .

١٠- التكاثر ، الشوكيات منفصلة الجنس ، والاخصاب فيها خارجي ؛ والتطور الجنيني غير مباشر ؛ والطور الجنيني اليرقي Bipinnaria يسبح في الماء بحرية ويتحول فيما بعد إلى حيوان شوكي بالغ . هذا بالاضافة إلى أنّ بعض الشوكيات (كنجم البحر) لها القدرة على تجديد الأعضاء المفقودة ؛ كما أنّ بعضها يتكاثر تكاثراً لا جنسياً عن طريق انقسام الخلايا انقساماً غير مباشر ولو أن ذلك يأخذ مدة طويلة . وتلجأ بعض الشوكيات (كخيار البحر) إلى قذف أو اطلاق بعض أحشائه Evisceration إذا ما ضايقه أو هاجمه حيوان مفترس آخر ، فقد يطلق الشجرة التنفسية بعضها أو كلها أو الجهاز الهضمي والغدد التناسلية ، ثم يقوم بتعويض وتجديد الأعضاء المفقودة بعد أن يكون قد تخلص من الخطر الذي أحاق به .

وباختصار ، يمكن الاستنتاج بأنّ الشوكيات اتصفت بصفات فريدة في هذه القبيلة والتي من بينها : الهيكل الداخلي ، والخياشيم الجلدية ، والملاقط ، والأقدام الأنبوبية ، والجهاز الوعائي المائي .

تاسعاً : قبيلة الحبليات Phylum : Chordata

وتضم الحبليات (وهي قبيلة الانسان) الحيوانات المتقدمة (الراقية) بيولوجياً ؛ وهي بالتالي حيوانات **ثانوية الفم** . ونظراً لأهميتها وعلاقتها **بالانسان** ، فسنلقي الضوء على هذه القبيلة .

تُعتبر الحبليات من أرقى قبائل الحيوان من حيث تعقد أجهزتها العشرة وخاصة الجهاز

العصبي وبالتالي قدرتها على التعلم والاستدلال والتفكير (كالانسان) . وقد نجحت الحبليات في التكيف والتأقلم للحياة والعيش في بيئات متباينة في البحر والبر والجو مثل البيئة المائية والبرية والصحراوية والثلجية والجوية وفي الكهوف وتحت التربة . وتضم هذه القبيلة ثلاث **تحت قبائل هي** :

١- تحت قبيلة **الذيلحبليات** Sub-phylum: Urochordata وفيها يوجد الحبل الظهري في منطقة الذنب ، ولا يظهر في الحيوان البالغ الذي يعتبر ثابتاً في أغلب الأحيان بينما تكون أطواره اليرقية حرّة . والجسم مغطى بغطاء خارجي صلب مكون من مادة كربوهيداراتية سليلوزية كما في تونيكيتا Tunicata .

٢- تحت قبيلة **الرأسحبليات** Sub - phylum : Cephalchordata وفيها يمتد الحبل بطول الجسم ويستمر طول حياة الحيوان كما في حيوان السهيم Amphioxus ، وهو حيوان مدبب الطرفين ومنضغط جانبياً يعيش على الشواطئ البحرية ويسبح بسرعة بواسطة حركته الالتوائية نظراً لمرونة جسمه المدعم بالحبل الظهري .

٣- تحت قبيلة **الفقاريات** Sub-phylum : Vertebrata وهي تضم الغالبية العظمى من الحبليات لدرجة أنّ اسم الحبليات أصبح مرادفاً للفقاريات خاصة أنّ المجموعتين السابقتين تضمان أنواعاً قليلة بسيطة التركيب نسبياً لذا يطلق عليها أحيانا الحبليات الأولية .

هذا ، وعلى الرغم أن الحبليات تضم مجموعة **متباينة** ، إلاّ أنها **تشترك أو تنفرد في صفات بيولوجية** أساسية من أبرزها ما يلي :

١- **الحبل العصبي الظهري** : Dorsal Nerve Cord ويقع في الجهة الظهرية للحيوان وذلك عكس موقعه في الحيوانات اللافقارية الأخرى ، فالحبل العصبي (إن وجد) يقع في الجهة البطنية Ventral ؛ كما يتميز الحبل العصبي الظهري بأنه أجوف ويحوي قناة مركزية تمتد على طوله وتحوي سائلاً خاصاً.

٢- **الحبل الظهري** Notochord ويوجد في الأطوار الجنينية لجميع الحبليات ، ويظهر في الحبليات الأولية ويبقى مع الحيوان الكامل ويكوّن هيكله الداخلي فهو صلب ومرن ؛ في حين يظهر في أجنة الفقاريات ويختفي ويحل محله العمود الفقري في الحيوان التام النمو .

٣- **الشقوق الخيشومية البلعومية** : Pharyngeal gill slits توجد الفتحات الخيشومية على جانبي البلعوم مرتبة بشكل أزواج خاصة في المراحل الجنينية للحبليات ، وقد تستمر مع الحيوان البالغ وتكوّن ما يسمى بالخياشيم Gills كما في الحبليات المائية (الأسماك) وقد تتكون في المراحل المتقدمة الرئات (مختلفة المنشأ) كما في معظم الحبليات التي تعيش على اليابسة .

٤- **الذيل** : Tail يتكون الذيل من استطالة الجسم خلف فتحة الشرج وهو موجود في الحبليات ماعدا الانسان .

٥- **الهيكل الداخلي** : Endoskeleton وهو هيكل دعامي للحيوان ويكون إما عظمياً أو غضروفياً ، ويتميز بأنّه هيكل داخلي ينمو ويكبر مع الجسم ؛ في حين هياكل الحيوانات الأخرى تكون إما خارجية (كالمفصليات) أو داخلية كما في الحيوانات الاسفنجية أو شوكيات الجلد بالاضافة إلى أنها تبقى ثابتة مما يضطر بعض الحيوانات (كالقشريات والحشرات) للتخلص منها لأجل النمو.

وبوجه عام ، فإنّ **الفقاريات** كمجموعة من الحبليات تختلف عن الحبليات الأولية ، وتتصف **بصفات بيولوجية مشتركة** - على الرغم من تباين أفرادها - من أبرزها ما يلي :

١- الجسم مغطى بطبقة **جلدية** Skin مكونة من طبقتين : البشرة ، وهي مكونة من نسيج طلائي (خلاياه متراصة) ذي منشأ اكتودرمي ؛ والأدمة مكونة من أنسجة ضامة مشتقة من طبقة الميزودرم في التطور الجنيني . وللجلد الفقاريات تحورات وتكيفات عديدة تتناسب مع بيئة الحيوان الفقاري ووظيفته ، فقد يكون عارياً (كالضفادع) أو مغطى بالقشور (كالأسماك) أو مغطى

بالحراشف (كالزواحف) أو مكسواً بالريش (كالطيور) أو مغطى بالشعر (كالثدييات بما فيها الانسان) .

٢- معظم الفقاريات لها طرفان أماميان وطرفان خلفيان ، كلاهما مقوّى بهياكل عظمية أو غضروفية أو بخليط منهما . ويتصل الطرفان بأحزمة هيكلية لتكون الهيكل الداخلي للحيوان ، وتتصل به العضلات وتقوم بتحريكه وبالتالي تحريك الجسم كله . هذا ، وقد تتحور الأطراف لتؤدي وظائف مختلفة للحيوان ، فقد تتحور إلى أجنحة للطيران (كالطيور والخفافيش) أو إلى زعانف (كالأسماك والحيتان) أو للسباحة (كالضفادع) أو إلى الحفر ... أو إلى المشي (كالانسان) .

٣- للفقاريات جهاز عصبي مركزي راق ؛ يتكون من الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) والجهاز العصبي الطرفي (الأعصاب الشوكية والمخيّة والذاتية) . وأعضاء الحس عادة موجودة ومزدوجة بوجه عام كأعضاء الحس والذوق والشم والسمع والرؤية ... وكلها متقدمة بيولوجياً مقارنة بنظيراتها في قبائل الحيوان الأخرى .

٤- الجسم النموذجي مكون من : رأس وجذع وذيل (ماعدا الانسان) بعد فتحة الشرج ، أو رأس ورقبة وجذع وذيل ؛ أمّا الرقبة فهي موجودة في الحيوانات الفقارية التي تعيش على اليابسة غالباً . ويحتوي الجسم على تجويف حقيقي واسع يتكون من قسمين هما :

التجويف الصدري (الثدييات) أو التجويف حول القلب ، والتجويف البطني الذي يحوي الأحشاء .

٥- الجهاز الهضمي تام ، مكون من قناة هضمية وملحقات القناة الهضمية (الغدد الهاضمة) كالغدد اللعابية والكبد والبنكرياس .

٦- الجهاز الدوري جهاز وعائي دموي **مغلق** مكون من القلب (بحجرات مختلفة تتراوح بين ٢-٤ حجرات) يقع في الجهة البطنية Ventral والأوعية الدموية المتصلة به (الأوردة والشرايين والشعيرات الدموية) التي

تحتوي على الدم الأحمر نظراً لاحتوائه على كرات الدم الحمراء (الهيموجلوبين)، وعلى كرات الدم البيضاء والصفائح الدموية وبلازما الدم. كما يوجد نوع آخر من الدم وهو اللمف (راشح الدم) والأوعية اللمفية التي تجمع اللمف من الدم ليعود ثانية إلى دورة الدم (كما في الانسان) بعد أن يودي وظيفته الغذائية لخلايا الجسم وأنسجته وأعضائه .

٧-للفقاريات أجهزة خاصة للتنفس ، منها ما يتنفس بواسطة الخياشيم (كالأسماك) أو بواسطة الرئتين (كالانسان) أو بكليهما . كما أن قسماً آخر قد يتنفس بواسطة الجلد كما في البرمائيات (الضفادع) .

٨- الأجناس منفصلة في الفقاريات (ذكر وأنثى) ، ولكل فرد زوج من الغدد الجنسية (مبيضين في الأنثى وخصيتين في الذكر) وهي غدد ذات أقنية مجوفة تنتقل افرازتها خارج الغدة أو الجسم . ويكون التلقيح والاخصاب إمّا خارجياً (كالأسماك والبرمائيات) أو داخلياً (كالطيور والثدييات) . وتتكاثر الفقاريات إمّا بالبيوض أو بالولادة .

٩-الجهاز الاخراجي مكون من كليتين وحالبين ومثانة ، وبعضها لا يوجد له مثانة بل يوجد له **مجمع** . والكلية مكونة من وحدات كلوية تسمى **نيفرونات** Nephrones وهي التي تستخلص الفضلات النيتروجينية (الأمونيا أو اليوريا أو حامض اليوريك) وغيرها من الدم ، ولها دور كبير فسيولوجياً في الفقاريات الصحراوية .

١٠- تملك الفقاريات جهازاً خاصاً متمماً للجهاز العصبي يسمى جهاز الغدد الصّماء (غدد ليس لها قنوات) موزعة في أجزاء الجسم المختلفة ، وتصب إفرازاتها (الهرمونات) مباشرة في الدم أو في السائل اللمفاوي ؛ وتقوم بوظيفة أساسية تعمل على اتزان وتوازن الحيوان الداخلي بالاضافة إلى مساهمتها في نمو الجسم والتمثيل الغذائي والبلوغ الجنسي سواء بسواء .

١١- تتصف الفقاريات بجميع الصفات المميزة لقبيلة الحبليات من حيث وجود: حبل عصبي ظهري ، وحبل ظهري ، وشقوق خيشومية ، وهيكل

داخلي، وذيل (ماعدا الانسان) . إلاّ أنها تمتاز عن الحبليات الأولية في أنّ الحبل الظهري Notochord يظهر فقط في أطوارها الجنينيّة بينما يختزل (أو يختفي) فيما بعد ليكوّن العمود الفقري . وكذلك الفتحات الخيشومية ، إمّا أن تبقى مع الحيوان الفقاري لتكون الخياشيم للتنفس كما في بعض الفقاريات المائية ، أو تختزل في الفقاريات الأخرى البرية التي تتكون فيها الرئتان لأغراض التنفس الهوائي في اليابسة .

تضم الحيوانات الحبلية الفقارية **سبعة صفوف** مألوفة هي :

١- صف **الأسماك اللافكيات** Class: Agnatha وهي أسماك عديمة الفكوك.

٢- صف **الأسماك الغضروفية** Class: Chondrichthyes و منها سمك القرش .

٣- صف **الأسماك العظمية** Class : Osteichthyes ومنها سمك البلطي.

٤- صف **البرمائيات** Class : Amphibia مثل الضفادع والسلمندر .

٥- صف **الزواحف** Class: Reptilia مثل الأفاعي والسحالي والسلاحف والتماسيح.

٦- صف **الطيور** Class:Aves مثل الدجاج والحمام والبط والعصافير .

٧- صف **الثديات** Calss: Mammalia مثل الأبقار والأغنام والحيتان والخفافيش والدواب والأرانب ... **والانسان** الذي خلق في أحسن تقويم .

هذا ، ونظراً لأهمية الحيوانات الفقارية في المملكة الحيوانية من جهة ، وعلاقتها البيولوجية الوطيدة بالانسان (محور هذا الكتاب) من جهة أخرى ، فإننا سنورد باختصار بعض **الصفات البيولوجية** المميزة لكل صف من صفوف الفقاريات الشائعة كما يلي :

أولاً : صف الأسماك الغضروفية Class : Chondrichthyes

يبلغ عدد الأنواع التابعة لصف الأسماك الغضروفية بضع مئات ؛ وهي تعتبر كلها

بحرية تعيش في مياه البحار والمحيطات . ويقع ضمن هذا الصف سمك القرش أوكلب البحر Dogfish /shark بأنواعه وأحجامه المختلفة (الشكل ١-١١) . ويعتبر سمك القرش بوجه عام ثاني أكبر الحيوانات الفقارية (بعد الحيتان - ثدييات) إذ قد يصل طوله حوالي ثمانية عشر متراً ؛ ويقع ضمن هذا الصف أيضا سمك السفن Skate وسمك الراي Ray . ومن **الصفات البيولوجية العامة للأسماك العضروفية** ما يلي :

١- الشكل العام للجسم **مغزلي الشكل** Fusiform وبهذا يسهل انسيابه في الماء . والجسم مغطى **بقشور** Scales من النوع المسنّن Placoid Scales تشبه الأُسنان من حيث تركيبها . كما يحتوي الجسم على **غدد مخاطية** Mucas glands على **الخط الجانبي** Lateral line الذي يستخدم للاحساس والاستشعار عن بُعد كالاحساس بفريسة أو مفترسة أو بالجنس الآخر .

٢- لها هيكل داخلي **غضروفي** (ومن هنا جاءت التسمية) ، وبالتالي يخلو الهيكل من أي نوع من العظام ولو أنّ أملاح الكالسيوم تترسب في بعض أجزائة هنا وهناك . كما أنّ الحبل الظهري موجود ويستمر مع الجنين حتى الحيوان الكامل .

٣- يحتوي الجسم على **زعانف مزدوجة** هي :

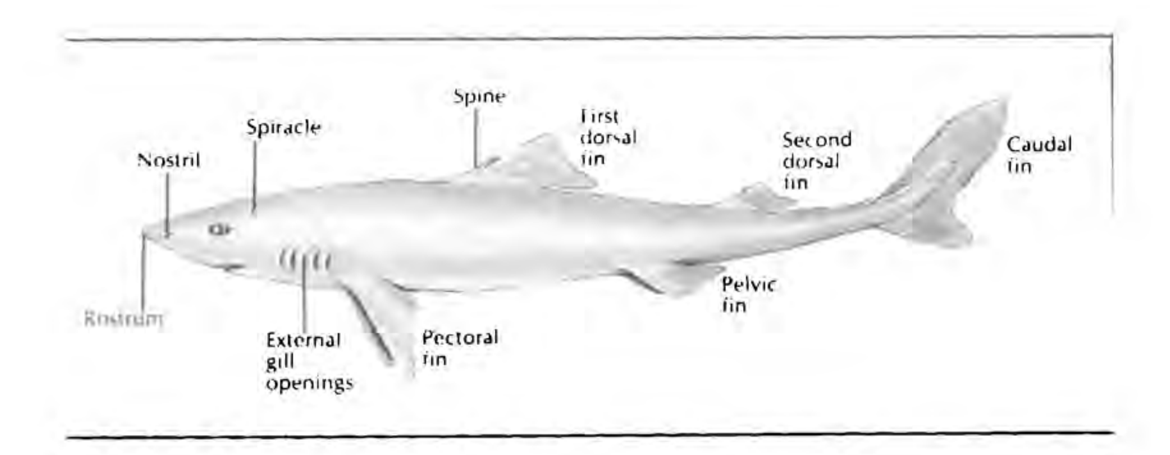
أ- الزعنفة **الظهرية** Dorsal fin .

ب- الزعنفة **الصدرية** Pectoral fin .

جـ- زوج من الزعانف **الحوضية** Pelvic fins ؛ وفي الذكر تكون مزودة بمشبكين Claspers يستخدمان لأغراض التلقيح .

د- الزعنفة **الذيلية** Caudal fin ، وهي مكونة من جزأين أو قسمين (فصين) غير متساويين (الشكل ١-١١) ويكون الجزء العلوي أطول من الجزء السفلي .

٤- الجهاز الهضمي تام ، والفم بطني الوضع مزود بفكوك علوية وأخرى سفلية يتصل به زوج من **الأكياس الشمية** Olfactory Sacs غير متصلة بتجويف الفم عادة . أما المعدة فتبدو على شكل حرف (ل) ، والأمعاء مزودة بصمام حلزوني ؛ والغدد الهضمية كالكبد والحوصلة الصفراوية والبنكرياس كلها موجودة . وينتهي الجهاز الهضمي عادة بفتحة الاست .



الشكل (١-١١) : سمكة القرش (كلب البحر)

٥- يتألف الجهاز الدوري من قلب مكون من حجرتين : أذين وبطين تتصل به عدة أزواج من الأقواس الأبهرية . كما يوجد لها جهاز كبدي Hepatic system وآخر كلوي Renal system وكرات الدم الحمراء ذات أنوية ؛ ويحتوي القلب عادة على دم وريدي Venous blood (قارن ذلك بالانسان) بوجه عام .

٦- يتألف الجهاز البولي من زوج من الكلي من نوع Mesonephros تتصلان بحالبين يفتحان في الفتحة البولية التناسلية .

٧- الجهاز التنفسي ،يتركب من (٥-٧) أزواج من الخياشيم تفتح على جانبي الجسم وغير مغطاة ؛ وليس لها مثانة هوائية Air bladder ولهذا يظل حيوان (القرش) في حركة دائمة مستمرة وإلاّ فإنه يغرق في الماء .

٨- الجهاز العصبي ، يتألف من الدماغ الذي يتكون من زوج من الفصوص الشميّة ، ونصفي كرة مخين ، وفصّين بصريين ، ومخيخ ، ونخاع مستطيل. ويصدر من الدماغ عشرة أزواج من الأعصاب المخيّة (قارن ذلك في الانسان) .

٩-الأجناس منفصلة (ذكر وأنثى) ، ويحتوي الجهاز التناسلي على غدد تناسلية مزدوجة تتصل أقنيتها بفتحة المجمع ؛ والاخصاب داخلي ، والتطور الجنيني مباشر ، ويكون التكاثر إمّا بالبيوض أو بالولادة بنوعيها سواء تغذت من الأم أم لا .

١٠- تعتبر الأسماك الغضروفية من **ذوات الدم البارد** Poikilothermous (قارن ذلك بالانسان) أي أن درجة حرارة جسمها متغيرة حسب البيئة أو الوسط المائي الذي تعيش فيه ، ولهذا ليس لها قدرة فسيولوجية على تنظيم درجة حرارتها في الماء بوجه عام .

ثانياً : صف الأسماك العظمية Class : Osteichthyes

تختلف الأسماك العظمية وتتباين في أحجامها كثيراً ، فهي تترواح بين بضع سنتمترات إلى أربعة أمتار (مثل سمكة السيف Sword fish) . ونجد أحجامها بالمتوسط يتراوح بين (٢-٤٠) سنتمتراً . **ولها قيمة اقتصادية** كبيرة من حيث إنّها غذاء بروتيني مهم في تغذية الانسان (والحيوان) سواء بسواء . وتضم الأسماك العظمية أنواعاً كثيرة تصل إلى حوالي ثلاثين ألف نوع ؛ لذا تعتبر من أكبر - إن لم تكن أكبر - صفوف الحيوانات الفقارية . وتعيش الأسماك العظمية في البحار والمياه العذبة سواء بسواء ؛ وهي ذات أجسام وأشكال مختلفة ومتباينة ، لكنها تشترك **بصفات بيولوجية عامة** من أبرزها ما يلي :

١- لها هيكل عظمي داخلي ؛ والعمود الفقري مكون من فقرات كثيرة ؛ وقد يوجد جزء من الحبل الظهري أحياناً ولو أنّ بعضها يحتوي على غضاريف

جزئية هنا وهناك .

٢-الجسم مغطى بقشور متراكبة بعضها فوق بعض ، وهي تكون على أحد الأشكال التالية :

أ- صفيحة الشكل مغطاة بمادة صلبة لامعة من نوع Ganoid scales.

ب- قشور مستديرة (دائرة) سميكة في الوسط من نوع Cycloid scales.

جـ- قشور دائرية سميكة تحمل أسناناً من نوع Ctenoid scales .

ويغطي الجسم غدد مخاطية مما يسهل انزلاقها في الماء ويصعب التقاطها باليد وقد تقاوم بعض الاصابات المرضية . ويحمل الجسم الخط الجانبي على جانبي الجسم الذي له وظيفة إحساسية فيشعر السمك باهتزازات الماء المنعكسة من الأجسام القريبة منها وهذا ما يسمى باللمس البعيد Distance touch.

٣-الجسم النموذجي يحمل زعانف على النحو التالي (الشكل ١-١٢):

أ- زوج من الزعانف الظهرية Dorsal fins ، الأمامية مقوّاة بأشعة عظميّة والخلفية ناعمة نسبياً .

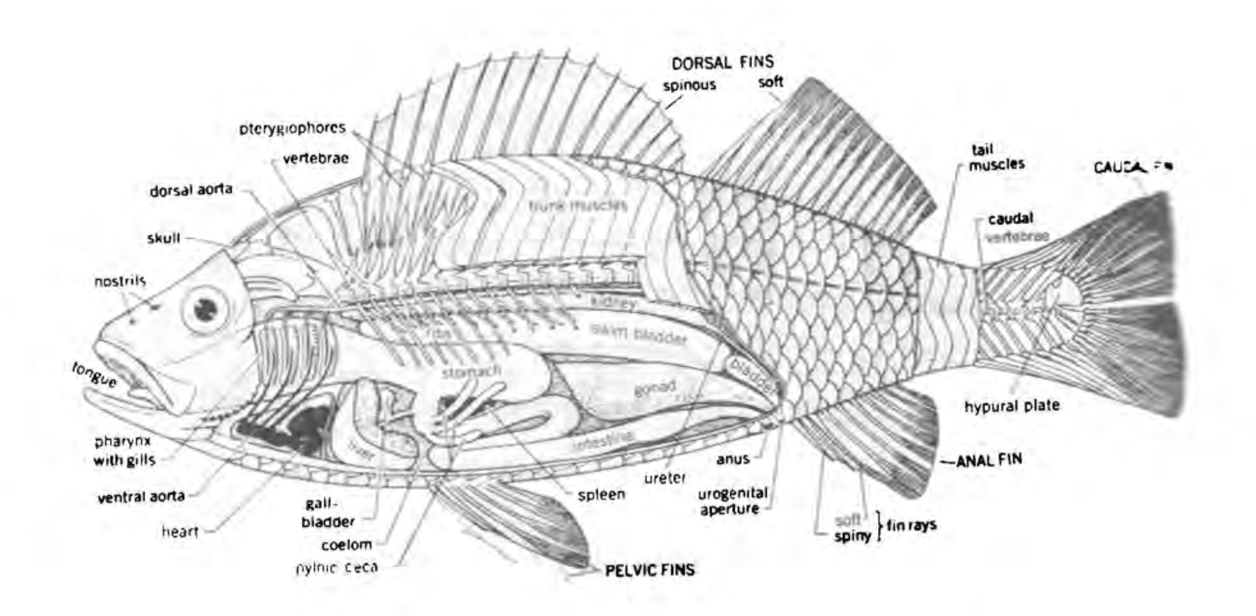
ب- زوج من الزعانف الصدرية Pectoral fins .

جـ- زوج من الزعانف الحوضية Pelvic fins .

د- زعنفة شرجية Anal fin .

هـ- الزعنفة الذيلية Caudal fin ، ويكون قسما الذيل متساويين أو متناظرين (قارن ذلك بالأسماك الغضروفية) .

٤- الجهاز الهضمي تام كما في الأسماك الغضروفية من حيث مكوناته ؛ إلاّ أنّ الفم يقع في الجهة الأمامية من الجسم (وليس على سطحه السفلي كما في الأسماك الغضروفية) وهو مزوّد بفكوك علوية وأخرى سفلية ، وقد ينعدم وجود الأسنان في بعض أفرادها ؛ ويتصل به أكياس شميّة تصل أو لا تصل بتجويف الفم . وتنتهي القناة الهضمية إمّا في فتحة مستقلة هي فتحة الاست أو في فتحة مشتركة هي فتحة المجمع ؛ وقد لا يوجد البنكرياس في بعض أفراد الأسماك العظمية .



الشكل (١-١٢) : التركيب الخارجي والداخلي للأسماك العظمية

٥- يشبه الجهاز الدوري نظيره في الأسماك الغضروفية ؛ وهو مكون من قلب (حجرتين : بطين وأذين) ؛ ويحتوي عادة على دم غير مؤكسد فقط (باستثناء الأسماك الرئوية) ؛ والأذين يستقبل الدم بينما البطين يدفع الدم نحو الخياشيم خلال أربعة أزواج من الأقواس الأبهرية .

٦- الجهاز العصبي والاخراجي والبولي يشبه إلى حد كبير نظيراتها الأجهزة الموجودة في الأسماك الغضروفية بوجه عام .

٧- الجهاز التنفسي ، يتكون من عدة أزواج (أربعة في المتوسط) على جانبي الجسم من خياشيم عددها يختلف حسب النوع ، ومدعمة بواسطة أقواس خيشومية عظمية ، ويوجد **غطاء** Operculum واحد لكل الخياشيم . كما

توجد **المثانة الهوائية** (قارن ذلك بالأسماك الغضروفية) التي تعتبر كيساً للعوم بحيث تستطيع السمكة أن ترتفع أو تنخفض في الماء (بتعديل كمية الهواء داخل الكيس) كلما دعت الحاجة ذلك . هذا وقد يتحور الكيس السباحي ليقوم بالتنفس (كالرئة) كما في الأسماك الرئوية .

٨- الجنس منفصل في الأسماك العظمية ، والغدد الجنسية مزدوجة ، والتكاثر بواسطة البيوض غالباً ، والاخصاب يكون اخصاباً خارجياً ولهذا نتوقع أن الأنثى تضع أعداداً كبيرة من البيوض (لماذا؟)

٩- الأسماك العظمية (كالأسماك الغضروفية) من **ذوات الدم البارد** ؛ ولهذا تختلف درجة حرارة جسمها باختلاف درجة حرارة (الماء) الوسط الذي تعيش فيه وبالتالي لا تستطيع تنظيم درجة حرارة جسمها فسيولوجياً .

ثالثاً : صف البرمائيات Class : Amphibia

تعتبر البرمائيات من الحيوانات الفقارية ذوات الدم البارد ؛ ليس لجسمها درجة حرارة ثابتة ، فهي تعتمد على درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه . والبرمائيات ، كما تشير التسمية لا تعني أنها تعيش في البر والماء ... بل أن جزءاً من تطورها الجنيني (أو تاريخ حياتها التكاثرية) لا بد وأن يكون في الماء ؛ فالبيوض يجب أن تفقس في الماء ويخرج منها يرقات (أبو ذنيبة مثلاً) تعيش في الماء ، ثم تتطور وتتمايز إلى حيوان بالغ كامل يعيش على اليابسة ؛ إلاّ أنّ ذلك لا يمنعه من أن يعود إلى الماء فهو لم ينقطع تماماً عن حياة الماء . ولهذا تعتبر البرمائيات حلقة وصل بين الحيوانات الفقارية المائية والبريّة (اليابسة) . وهي تعتبر من الناحية التركيبية البيولوجية وسطاً بين الأسماك والزواحف بوجه عام .

تضم البرمائيات ثلاث رتب هي :

١- رتبة **البرمائيات عديمة الأرجل** Order:Apoda وهي عديمة الأطراف ، يشبه شكلها الديدان وكثيراً ما يخطىء (الانسان) ويعتقد أنها من الديدان أو من الزواحف عديمة الأطراف ، ومثالها حيوان السيسيليان Caecilian.

٢- رتبة **البرمائيات الذيلية** (Order : Urodela (Caudata وتمتاز هذه الرتبة

بوجود ذيل لها كما في حيوانات :السلمندر Salamander وسمندل الماء Newt.

٣- رتبة **البرمائيات العديمة الذيل** Order: Anura وهي أكثر رتب البرمائيات انتشاراً كما في الضفادع والعلجوم (ضفدع الطين) Toad .

هذا وعلى الرغم من وجود تباين بين الحيوانات الفقارية البرمائية ، إلاّ انها تتصف ببعض **الصفات البيولوجية المشتركة** التي من بينها ما يلي :

١- لها هيكل عظمي داخلي ؛ يختلف عدد الفقرات باختلاف النوع ؛ بعضها ليس له أضلاع كالضفادع (الشكل ١-١٣) والبعض الآخر له أضلاع ولكنها لا تتصل بعظمة القص (قارن ذلك في الانسان) .

٢- يختلف شكل الجسم باختلاف النوع ، فقد يكون طولياً يتميز إلى : رأس واضح ، ورقبة ، وجذع . ومنها ما يكون جسمه مضغوطاً يتميز إلى : رأس وجذع (دون وضوح الرقبة - لماذا ؟) مع انعدام الذيل (كالضفادع) ، ومنها ما يبدو دودي الشكل .

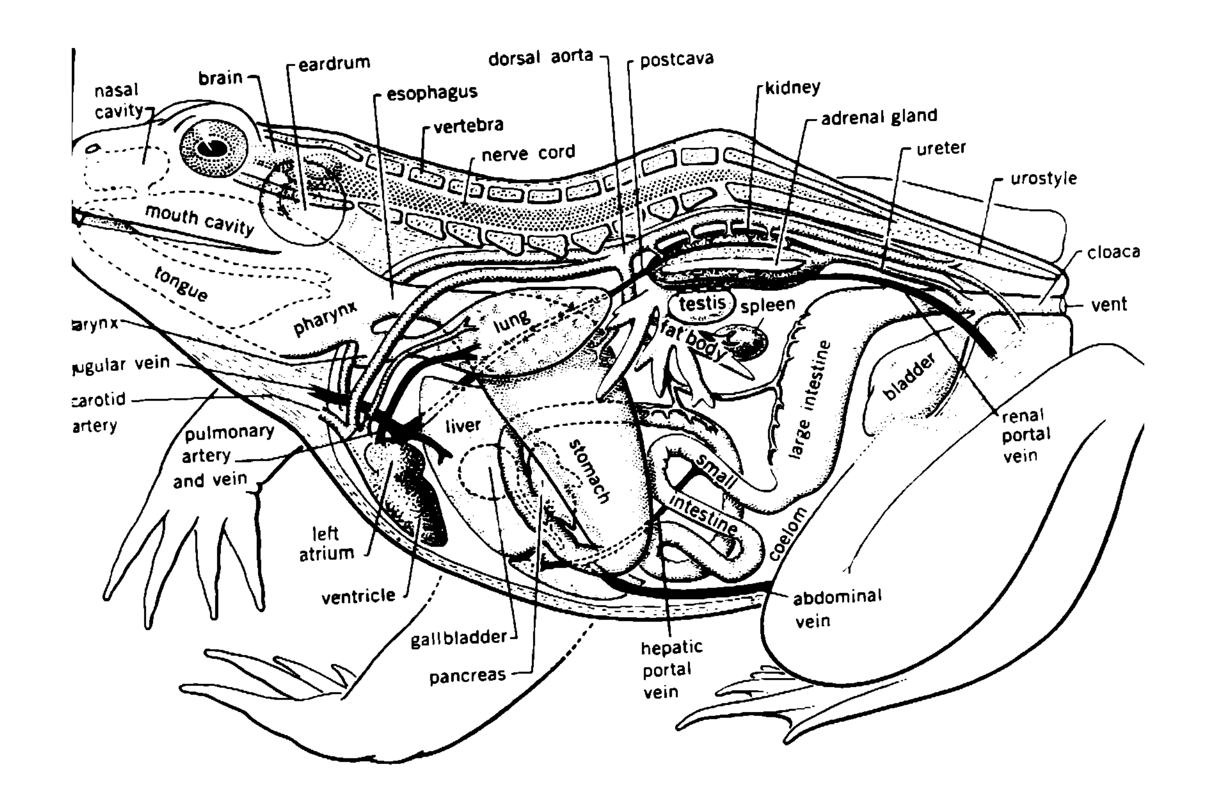
٣- يحمل الجسم عادة زوجين من الأطراف (بعضها عديم الأطراف) تنتهي بخمس أصابع أو أقل ، وهي عديمة الأظافر أو المخالب ؛ والأطراف الخلفية أطول نسبياً من الأطراف الأمامية خاصة في البرمائيات البالغة التي تعيش على اليابسة ، وغالباً ما تكون الأطراف الخلفية مكففّة تساعدها على السباحة .

٤- الجلد رقيق وعار يخلو من أي غطاء (كالقشور والحراشف والريش والشعر) خارجي ، لكنه رطب (لماذا ؟) يحمل غدداً مختلفة منها مايلي :

أ- الغدد المخاطية لترطيب الجسم باستمرار والمساعدة على السباحة .

ب- الغدد السامة للوقاية والحماية .

جـ- خلايا ملوّنة لها القدرة إلى حد ما للتغير حسب الوسط الذي توجد فيه للتخفّي والاختفاء سواء بسواء .



الشكل (١-١٣) : التركيب الداخلي للضفدع

٥- الفم واسع كبير الحجم نسبياً مزوّد بأسنان في الفك العلوي أو الفكين لكنها لا تستخدم لقضم الطعام . وتتصل فتحتا الأنف Nostrils مع الجزء الأمامي من تجويف الفم . ويحتوي الفم اللسان الكبير نسبياً والذي يمكن أن يخرج من الفم لغرض اقتناص الفريسة .

٦- يتم التنفس بوسائل وأساليب عديدة كما في : التنفس بواسطة الخياشيم أو الرئتين أو الجلد أو بطانة الفم ؛ وقد يستخدم الحيوان البرمائي طريقة أو أكثر في التنفس كما في الضفادع . وبعضها يحمل خياشيم خارجية أثناء التطور الجنيني (الذي يتم في الماء) وقد تستمر معه حتى الحيوان البالغ . كما يوجد

لبعضها **أحبال صوتية** Vocal cords لغرض التكاثر .

٧- يتكون الجهاز الدوري من القلب والأوعية الدموية المتصلة به ؛ والقلب مكوّن من ثلاث حجرات (أذينين وبطين واحد) ولهذا يكون الدم (المؤكسد وغير الموكسد) مختلطاً في القلب، ودورة الدم مزدوجة من وإلى القلب.

٨- الجهاز العصبي مركزي ، يتكون من المخ الذي يشبه نظيره في الأسماك ، وتتصل به عشرة أزواج من الأعصاب المخيّة ، والحواس الخمس موجودة .

٩- الجنس في البرمائيات منفصل (ذكر وأنثى) والغدد الجنسية مزدوجة في الذكر والأنثى ، والاخصاب خارجي أو داخلي ؛ والتكاثر بالبيوض هو الأسلوب الشائع ، والتطور غير مباشر ؛ وتكون البيوض إمّا فرادى أو على شكل كتل أو خيوط طويلة ، وهي (البيوض) مغطاة بغشاء هلامي للحماية من جهة والحيلولة دون تكسرها من جهة أخرى .

١٠- الجهاز الهضمي تام ، يتألف من تجويف الفم مع أسنان لا تستخدم في عملية الهضم . ويوجد داخل الفم لسان كبير الحجم يستخدم لالتقاط الفريسة ، ونهاية الفم تكون البلعوم والمرئ وأمعاء دقيقة طويلة ثم الأمعاء الغليظة التي تنتهي بفتحة المجمع . والغدد الهضمية (البنكرياس والكبد) موجودة ، كما يوجد الطحال بجوار القناة الهضمية .

١١- الجهاز البولي يتكون من كليتين ، وتخرج الفضلات النيتروجينية غالباً على شكل يوريا . ويشترك الجهاز البولي والتناسلي والهضمي في فتحة واحدة تسمى فتحة المجمع .

يتبيّن مما سبق ، أن **البرمائيات** أخذت مركزاً بيولوجياً وسطاً (بين الأسماك والزواحف) في تمايز المملكة الحيوانية كما يتضح ذلك في النقاط التالية :

١-بداية التحوّل من التنفس بواسطة الخياشيم (في الماء) إلى التنفس بواسطة الرئتين على اليابسة .

٢- امتلاك الأطراف الأمامية والخلفية وذلك لأغراض الحركة والتنقل على اليابسة.

٣- ظهور بداية القوة في الأطراف لكي تحمل وتدعم الجسم للارتفاع عن سطح الأرض .

٤- التغير من الخط الجانبي في الأسماك إلى ظهور أعضاء حسيّة خاصة بذلك.

٥- تقسيم الحياة بين الماء واليابسة ، وهي تقضي بعض حياتها (التكاثرية) في الماء والبعض الآخر (الحيوان البالغ) على اليابسة ، وبالتالي فإن فقدان أحدها يعني فقدان الحياة .

رابعاً : صف الزواحف Class : Reptilia

تعتبر الزواحف الحيوانات الفقارية الأولى التي **تكيفت وتأقلمت** للعيش على اليابسة وفي أماكن مختلفة ومتباينة على الأرض تتراوح بين الأماكن الرطبة والصحراء الجافة القليلة الغذاء والماء والشديدة الحرارة . وبهذا تعتبر (الزواحف) حيوانات بريّة – أرضية حقيقية خلافاً للبرمائيات التي بقي جزء من حياتها التكاثرية يعيش في الماء . وتشمل الزواحف حيوانات عديدة مثل: السحالي Lizards والأفاعي Snakes والسلاحف Turtles والتماسيح Crocodiles والحرباء Chameleon .

هذا ، **وتشترك الزواحف بصفات بيولوجية عامة** من أبرزها ما يلي :

١- أجسام الزواحف مختلفة الأشكال والأحجام حسب نوع الحيوان ، منها ما يكون طولياً يتكون من : رأس وجذع وذيل أو مضغوطاً أحياناً ؛ بعضها مكوّن من صفائح قرنية صلبة كالتماسيح (الشكل ١-١٤) أو تلتحم هذه الصفائح لتكون صندوقاً قوياً يحيط بالجسم ويحميه كما في السلاحف .

٢-الجلد جاف ، مغطى بحراشف قرنية مشتقة من الطبقة السطحية من الجلد ؛ ويكاد يكون الجلد خالياً من الغدد الجلدية (قارن ذلك بالبرمائيات) .

٣- الجسم النموذجي له زوجان من الأطراف الأمامية والخلفية (ماعدا الأفاعي) لكل منها خمس أصابع ، ينتهي كل اصبع منها بمخالب . وتساعد الأطراف الحيوان على الحركة أو التسلق أو الهرب أو اللحاق بفريسته . وقد تتحور الأطراف فتصبح كشكل المجذاف لتساعد الحيوان على السباحة كما في السلاحف البحرية أو تضمر وتتلاشى كما في الأفاعي . هذا ، وتعتبر

الأطراف ضعيفة في الزواحف بوجه عام ولهذا تبدو وكأنها تزحف (قريبة) على الأرض ومن هنا جاءت التسمية (الزواحف) .

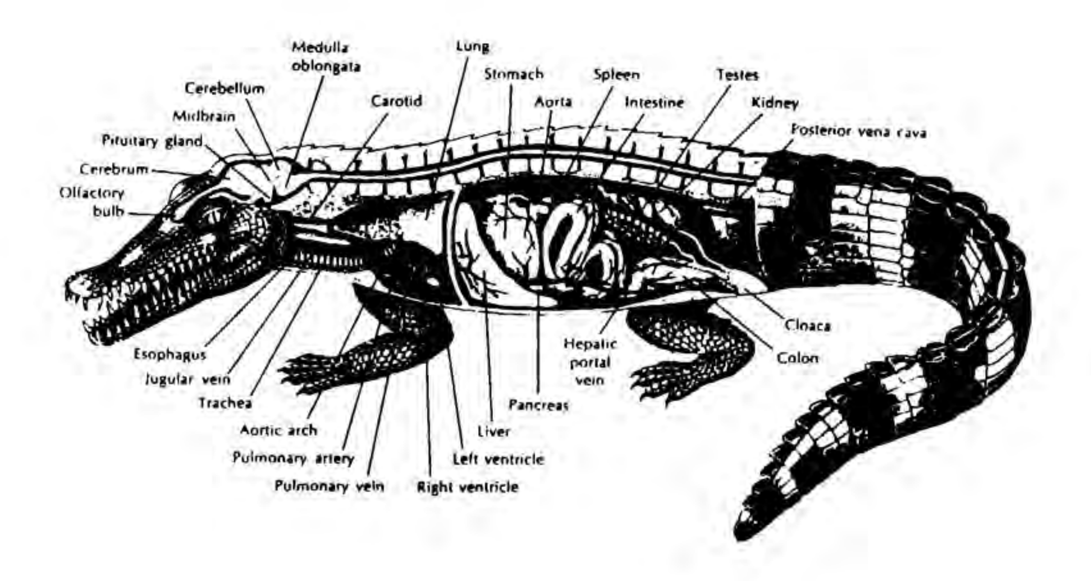
٤- الجهاز الدوري مكون من القلب والأوعية الدموية المتصلة به . ويتكون القلب من (٣-٤) حجرات : ثلاث حجرات تضم أذينين وبطين ، والبطين عادة مقسوم لكنه غير تام التقسيم لذا نجد الدم (المؤكسد وغير المؤكسد) مختلطاً ؛ أو يتكون (القلب) من أربع حجرات تضم أذينين وبطينين كما في (التماسيح) .

٥- الجهاز البولي مكون من كليتين من نوع Metanephric ؛ ويتم التخلص من الفضلات النيتروجينية الرئيسية غالباً على شكل حامض يوريك (بوليك) مما يساعدها على التكيف للعيش في المناطق الصحراوية الجافة إذ إنّ الماء فيها عامل محدّد للحياة .

٦- التنفس بواسطة الرئتين إذ إنّها تتناسب مع الحياة الأرضية (اليابسة) للزواحف.

٧- الجهاز العصبي مركزي ، يتألف من المخ الذي يتصل به **اثنا عشر زوجاً** من الأعصاب المخيّة (قارن ذلك في الأسماك والضفادع والانسان) . والحواس الخمس موجودة بوجه عام .

٨- الجنس منفصل في الزواحف (ذكر وأنثى) ، والاخصاب داخلي ، لذا نجد الذكر له **عضو جماع** Copulatory Organ لضمان الاخصاب الداخلي . ويتم التكاثر إما بالبيوض غالباً أو بالولادة كما في الأفاعي . أما البيضة نفسها فتمتاز بأنها كبيرة الحجم نسبياً ومحاطة **بقشرة صلبة** Shelled egg لحمايتها،وتحتوي على كمية من الغذاء (المح) Yolk كافية لتغذية الجنين طوال فترة مدة الحضانة (قارن ذلك بالطيور) . ويتطور الجنين داخل البيضة دون عناية الأم أو رعايتها ويكون محاطاً بأغشية جنينيّة للحماية والتنفس والتغذية والاخراج (قارن ذلك بالانسان والطيور) . والصغار عادة تشبه الأبوين بوجه عام باستثناء الحجم .



الشكل (١- ١٤): التركيب الداخلي للتمساح

مما سبق ، يلاحظ أنّ الزواحف **تقدمت بيولوجياً** على البرمائيات ويتمثل ذلك في الصفات البيولوجية التالية :

١-الجلد جاف مغطى بحراشف تلائم الحياة الأرضية (اليابسة) .

٢-البيضة محاطة بقشرة صلبة تقيها من المؤثرات البيئية غير المناسبة .

٣- وجود الأغشية الجنينيّة هيأت الجنين لأن ينمو ويتمايز بعيداً عن البيئة المائية .

٤- وجود عضو جماع للذكر لضمان الاخصاب الداخلي .

٥-بداية انقسام البطين إلى قسمين غير تامين ، لكنهما ينقسمان تماماً في إحدى المجموعات الزاحفة (كالتماسيح) .

٦- وجود الرئتين تلائم الحياة على اليابسة .

٧-وجود أطراف - على ضعفها نسبياً - داعمة للجسم بشكل أفضل منه في البرمائيات .

٨- امتلاك اثني عشر زوجاً من الأعصاب المخيّة بدلاً من عشرة أزواج في البرمائيات والأسماك .

٩- التخلص من الفضلات النيتروجينيّة على صورة (حامض يوريك) يهيئها فسيولوجياً للحياة في المناطق الجافة الصحراوية بوجه عام .

خامساً : صف الطيور Class: Aves

تعتبر الطيور ثاني أكبر مجموعة حيوانية فقارية من حيث أنواعها بعد الأسماك ، إذ يبلغ عدد أنواعها حوالي عشرة آلاف نوع . وهي تنتشر في أماكن متباينة في البر والبحر والجو وعلى الأشجار والأرض والجبال والسهول ... الخ . وينظر إليها الانسان على أنّها أحسن الحيوانات جمالاً وبخاصة الذكور منها، وهي تقسم حسب معيشتها وبيئتها إلى الأقسام التالية .

أ- الطيور الأرضية (البرية) Ground birds تعيش على الأرض وتنتقل بواسطة المشي أو الركض .

ب-الطيور الشجرية Tree birds وتمضي القسم الأكبر من حياتها على الأشجار والشجيرات النباتية .

جـ- الطيور المائية Water birds وتعيش في المجمعات المائية، ولها القدرة على السباحة وبعضها يغوص إلى أعماق مختلفة في الماء لالتقاط الفريسة ولهذا تكون أصابعها مكففّة .

د- طيور **المستنقعات** Bog birds وتعيش في أو قرب المستنقعات والأراضي الرطبة وعلى شواطىء البحيرات . كما تتحرك هذه الطيور وتمشي في المياه الضحلة والأماكن المغمورة بالماء . لذا نجد أرجلها طويلة ورفيعة لتلائم الوسط الذي تعيش فيه .

هـ- الطيور **الهوائية - المائية** Water - air birds وتقضي غالبية وقتها فوق سطح الماء طيراناً باستمرار ، وترتبط عادة بالأحواض المائية ، ولها القدرة على السباحة ولكنها لا تغطس داخل الماء .

و-الطيور **الأرضية - الهوائية** Ground - air birds وتمضي معظم النهار طائرة في الجو تحصل منه على غذائها ؛ ولهذا نجد أجسامها قوية ورقبتها قصيرة وأجنحتها ضيقة وطويلة مرنة لتلائم طبيعة حياتها .

وللطيور **أهمية اقتصادية** كبيرة في تغذية الانسان ؛ فهناك صناعة الدواجن

باختلاف أنواعها التي تشكل غذاءً بروتينياً أساسياً للانسان . كما يفيد القطاع الزراعي من الطيور من حيث تغذيتها على الحشرات والقوارض الضارة بالزراعة والمزارعين . ومن هنا لا بد من المحافظة عليها وبالتالي الامتناع عن اقتناصها والمحافظة على أعشاشها وصغارها .

هذا ، وعلى الرغم من تباين الطيور في الحجم والبيئات ، إلاّ أنها تتصف **بصفات بيولوجية مشتركة** من أبرزها ما يلي :

١- تعتبر الطيور ولأول مرة في سلّم قبائل المملكة الحيوانية من **ذوات الدم الحار** Homeothermous أي تبقى درجة حرارة جسمها ثابتة بغض النظر عن درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه (قارن ذلك بالانسان) ؛ فدرجة حرارتها مستقلة عن البيئة التي تعيش فيها . كما تعتبر درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة أي كائن حي من ذوات الدم الحار (كالثدييات والانسان) فقد تصل (٤٥°س) وبالمتوسط (٤٢° س) . وعليه ، فإنّ للطيور القدرة على تنظيم درجة حرارة جسمها مورفولجياً وسلوكياً وفسيولوجياً .

٢- أجسامها انسيابية مغزلية الشكل Spindle- shaped مكونة من أربع مناطق رئيسية هي : الرأس والعنق والجذع والذيل (الشكل ١-١٥) .

٣- الجسم مغطى بالريش باختلاف أنواعه ، وهو (الريش) يميزها عن جميع الفقاريات الحبلية الأخرى . والريش يعتبر من العوامل المهمة في تنظيم وحفظ درجة حرارة الطائر ، كما يقيه من المؤثرات والصدمات الخارجية، ويدعم الطائر خلال الطيران أو الهجرة ، ويكوّن (الريش) سطحاً ناعماً يقلّل من مقاومة الهواء أثناء الطيران . وتفقد الطيور ريشها إمّا تدريجياً أو دفعة واحدة في السنة الواحدة أو كل عدة سنوات . ومع ذلك ، هناك طيور لا تستطيع الطيران كما في : النعامة Ostrich والكيوي Kiwi على سبيل المثال .

٤- للطيور زوجان من الأطراف الأمامية والخلفية ؛ الزوج الأمامي متحوّر إلى أجنحة لغرض الطيران ، والزوج الخلفي تشكل أقدام الطائر وهي مكيفة لأغراض مختلفة حسب الوسط الذي تعيش فيه ، فمنها ما هو مكيف للجثم Perching أو للمشي أو للسباحة أو لمسك الفريسة Raptorial .... الخ . والقدم عادة له أربع أصابع.

٥- جلد الطيور (كالزواحف) جاف غير رطب ، لا يحتوي عادة على غدد

جلدية ما عدا غدة دهنية موجودة فوق قاعدة الذيل (لماذا؟) ؛ ويخرج الريش من الطبقة السطحية للجلد . ويوجد على جلد الأرجل حراشف Leg scales بوجه عام .

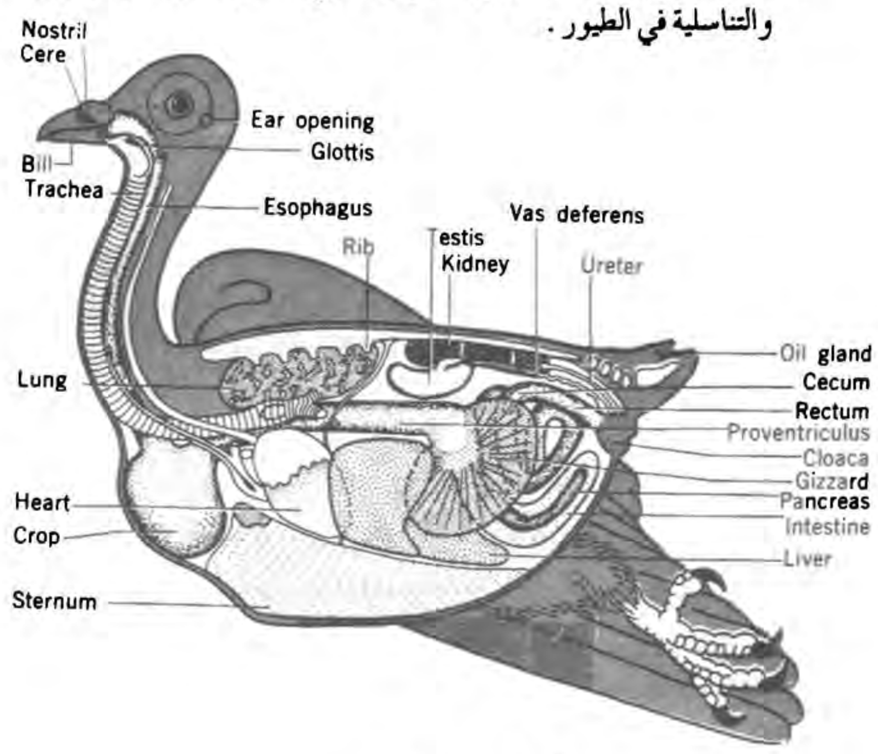
٦- يوجد في الجسم عدة فتحات منها ما يلي :

أ- فتحة الفم في منطقة الرأس ، وهو كمثري الشكل مدبب من الأمام حيث يوجد المنقار ولا يحتوي على أسنان عادة . ومناقير الطيور مختلفة الأشكال ومتباينة مكيفة لأغراض عديدة حسب نوع الطائر ونوع الغذاء الذي يتغذى عليه .

ب- فتحتا الأذنين Ear opening.

جـ-فتحتا الأنف الخارجيتان Nostrils.

د- فتحة المجمع Cloaca وهي ملتقى ومخرج الأجهزة الهضمية والبولية والتناسلية في الطيور .



الشكل (١-١٥)
التركيب الداخلي لذكر الحمامة

٧- الجهاز الهضمي تام ذو فعالية عالية ، يتكون من الأجزاء التالية :

أ-الفم - المنقار ، لالتقاط الحبوب أو الأعشاب أو الحشرات أو الأسماك أو القوارض ... الخ .

ب-بلعوم قصير Pharynx .

جـ-مرئ طويل يتناسب مع استطالة الرقبة .

د-الحوصلة Gizzard تخزن الغذاء وتلينه .

هـ-القانصة وهي مبطنة بصفائح قرنية لطحن الغذاء ، وقد يوجد فيها بعض الحصى الصغيرة لمساعدة الطائر على هضم الغذاء .

و-الأمعاء الدقيقة والغليظة .

ز-المستقيم وفتحة المجمع (المخرج) . كما توجد غدد هضمية ملحقة كما في : الكبد والحوصلة الصفراوية والبنكرياس .

٨- الجهاز العصبي مركزي ومتطور جداً مقارنة بقبائل الحيوانات الأخرى ؛ ويتصل بالمخ اثنا عشر زوجاً من الأعصاب المخية . والحواس الخمس موجودة، لكنها تتفاوت في درجة حدتها ، فمثلاً حاسة الشم في الطيور ضعيفة بوجه عام ، في حين حاسة البصر حادة جداً تعتمد الطيور عليها بدرجة كبيرة وهي بالتالي أكثر الحواس نمواً وتطوراً في الطيور . وللطائر عينان على جانبي الرأس (أو في مقدمته أحياناً كالبوم) ، ولكل عين ثلاث جفون : علوي وسفلي والثالث نصف شفاف يتحرك من الداخل إلى الخارج ويسمى **الغشاء الرامش** Nictating membrane يمتد على عين الطائر خاصة أثناء الطيران ليحميها من الضوء والحرارة والتراب والأوساخ .... الخ .

٩- الجهاز الدوري ، يتكون من القلب والأوعية الدموية المتصلة به .والقلب مكون من أربع حجرات :أذينين وبطينين (كما في الانسان تماماً) لذا نجد انفصالاً تاماً بين الدم المؤكسج والدم غير المؤكسج ، وهو بذلك يشبه الثدييات (بما فيها الانسان) ، لكن القوس الأبهري في الطيور (عكس الثدييات والانسان) يتجه نحو اليمين . وتعتبر نبضات قلب الطيور سريعة جداً تتراوح بين (٩٠-١٠٠) نبضة حسب حجم الطائر ونشاطه وطيرانه ؛ وكرات الدم الحمراء كبيرة الحجم نسبياً (لماذا؟) وذات أنوية (قارن ذلك بالانسان) مقعرة الوجهين . وكرات الدم البيضاء كثيرة النشاط وذات فعالية

كبيرة في تحطيم الميكروبات .

١٠- الهيكل العظمي داخلي قوي ، لكنه خفيف الوزن متعظم تماماً ، كما يحوي **تجاويف هوائية** Air cavities . وعظام الجمجمة مندمجة تماماً (قارن ذلك بالانسان) تكيفت لتساعد الطائر على الطيران . ويتصل بالهيكل العظمي الجهاز العضلي المصمّم بحيث يسمح للطائر بالطيران أو المشي ... الخ . لذا نجد عضلات الجسم تخدم الأطراف والعنق والرأس بينما يوجد اختزال في عضلات كثيرة كالعضلات الموجودة في منطقة الظهر والأقدام.

١١- التنفس بواسطة الرئتين ، وتتصل بهما تسعة أكياس رقيقة الجدر تعرف **بالأكياس الهوائية** (وتتصل بالتجاويف الهوائية في العظام) . وللطيور حنجرتان : علوية Lyrnix ليس لها علاقة بالصوت ،وسفلية Syrnix توجد عند تفرع القصبة الهوائية إلى شعبتين – وهي عضو الصوت في الطيور .

١٢- الجهاز البولي يتكون من كليتين وحالبين يتصلان بفتحة المجمع (المخرج) ، وبالتالي لا توجد مثانة للطيور . ويتم التخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل حامض يوريك Uric acid كونه قليل الذوبان في الماء وبالتالي يحتاج إلى كميات قليلة جداً من الماء للتخلص منه ، وقليل السميّة ، كما يمكن تحويله إلى بلورات يتخلص منها الطائر مع البراز .

١٣- الجنس منفصل في الطيور (ذكر وأنثى – والذكر ، كما يبدو ، أكثر جمالاً من الأنثى) ؛ والجهاز التناسلي الذكري مكون من خصيتين ، بينما في الأنثى مكون من **مبيض واحد** (الأيسر) والثاني مختزل (لماذا؟) . ويتم التكاثر بواسطة البيوض ، والاخصاب داخلي ، والبيضة مغطاة **بقشرة سميكة** (كالزواحف) تحتوي على كمية كبيرة من الغذاء (المح) حسب فترة الحضانة للطائر ، وللجنين أغشية جنينيّة زائدة (كالزواحف والثدييات) للغذاء والتنفس والاخراج ، وتفقس البيوض عن صغار إمّا قادرة على الحركة والنشاط Precocial أو بحاجة إلى مساعدة الأم Altricial ، وفي الحالتين لا بد للأم من الاعتناء بصغارها ورعايتها وبالتالي تزداد فرصة بقائها والمحافظة على نوعها.

بناء على سبق ، يمكن الاستنتاج بأنّ **الطيور قد نجحت في غزو اليابسة**

وانتشرت في أمكنة وبيئات مختلفة متباينة وذلك بفضل قدرتها على الطيران والهجرة إذا ما ساءت ظروف معيشتها ؛ ومن **التكيفات** التي ساعدتها على الطيران ما يلي : الجسم المغزلي ، والريش ، واختزال بعض أجزاء الجسم ، والهيكل العظمي الخفيف ، والأكياس والتجاويف الهوائية ، وفعالية الجهاز الدوري .. الخ . وبهذا تميزت عن قبائل الحيوانات الحبلية السابقة بمميزات كثيرة من أبرزها : وجود الريش ، والقدرة على الحركة والطيران والانتقال السريع، وثبات درجة حرارة الجسم ، واعتناء الأمات (الأمهات) بصغارها ، ووجود الصوت لغرض التكاثر أو التجمع أو الحماية، والقلب المكوّن من أربع حجرات (منفصلة) وبالتالي زيادة فعالية الجهاز الدوري .

سادساً : صف الثديّات Class : Mammalia

تعتبر الثدييات ، بما فيها الانسان ، أرقى قبائل وصفوف المملكة الحيوانية على الاطلاق ، وأكثر تقدماً (بيولوجياً) سواء من حيث تقدّم ورقي أعضائها أم من حيث انتشارها في بيئات متباينة . ويقدر عدد أنواعها بحوالي بضعة آلاف نوع ؛ وهي بالتالي تضم مجموعات حيوانية متباينة في أشكالها وأحجامها وسلوكها ومورفولجيتها وفسيولوجيتها ...، وهي تتراوح من بضع سنتمترات كما في حيوان الزبابة القزمة Pygmy shrew إلى ضخامة الفيل (حوالي ستة أطنان) والحوت الأزرق الذي يصل طوله حوالي ثلاثين متراً ويزيد وزنه على (١٢٠) طناً .

لقد تكيّفت الثدييات (وعلى رأسها الانسان) للعيش في بيئات متباينة ونجحت نجاحاً بيولوجياً في ذلك ؛ لقد غزت اليابسة والماء (في أعماق البحار ومحيطاتها وأنهارها) والجبال والسهول والوديان والصحارى والمناطق الثلجية سواء بسواء . وعليه ، يمكن تقسيمها تبعاً لذلك إلى الأقسام (الشكل ١-١٦) التالية :

١- **الثدييات الأرضية** Ground mammals تعيش على سطح الأرض، ومنها الثدييات الداجنة كالأغنام والأبقار والدواب ...ومنها الثدييات المتوحشة (البريّة) التي تتصف بالجري السريع للحاق بالفريسة (أو الهرب من العدو) لذا نجد قوائمها طويلة ورفيعة .

٢- **الثدييات الطائرة** Flying mammals ومنها الخفاش (الوطواط) الذي

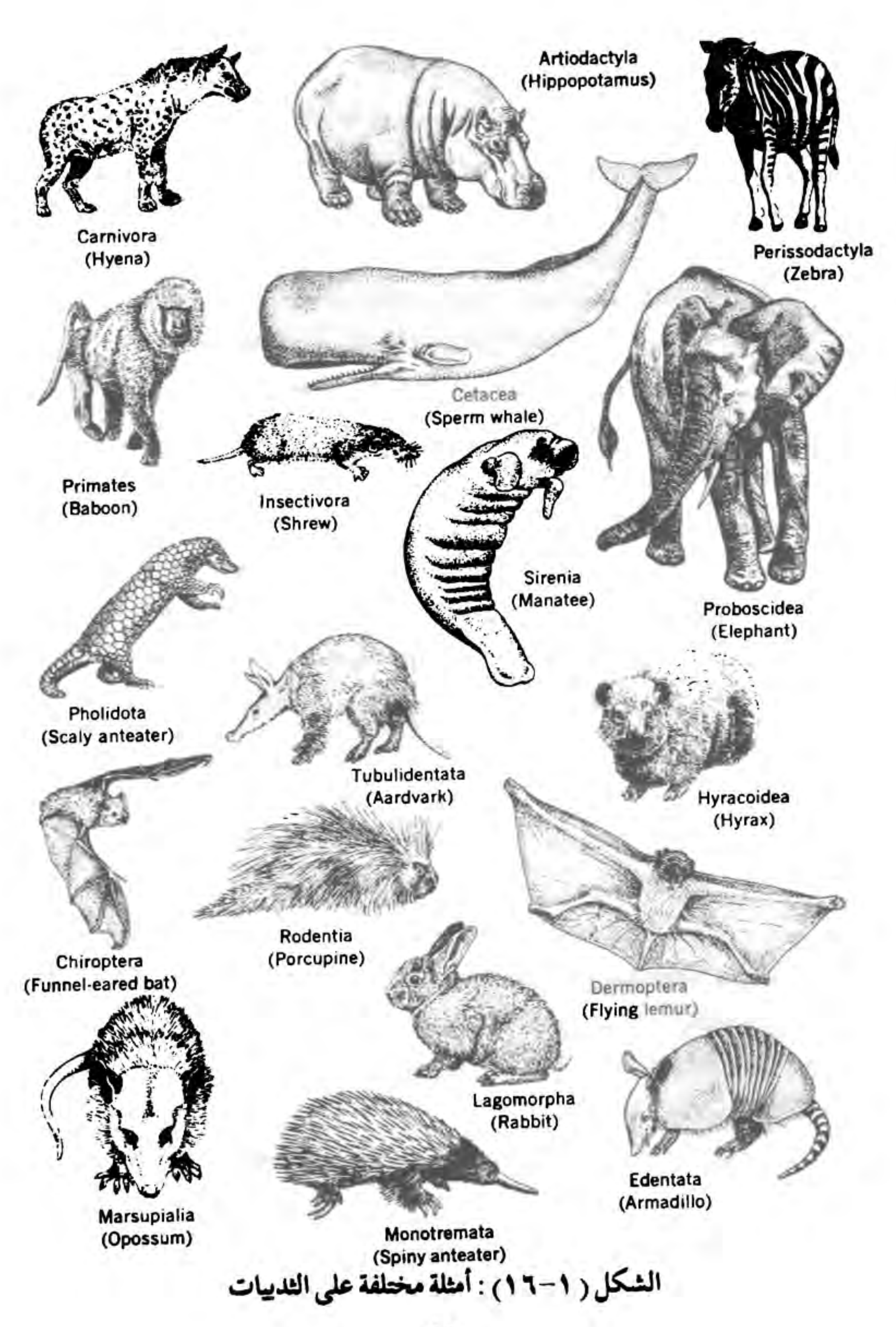
تحورت أطرافه الأمامية إلى أجنحة للطيران ؛ والجناح عبارة عن غشاء جلدي رقيق مهيأ للطيران .

٣-**الثدييات الجحرية** Burrow mammals وتعيش في جحور أرضية على الرغم أنها تقضي وقتاً كبيراً فوق سطح الأرض للبحث عن غذائها . وأجسامها عادة عضلية وأرجلها قصيرة نسبياً مكيفة للحفر في الأرض ، وتستخدم هذه الجحور للاختباء فيها من الأعداء والنوم فيها ليلاً . وقد تدخل فيها في **بيات شتوي** Hibernation طيلة فترة البرد والشتاء . ومن أمثلة (الثدييات الجحرية) حيوان الغرير Badger والهامستر Hamster والمرموط Marmot .

٤- **الثدييات التحت أرضية** Underground (Fossorial) mammals وتعيش حيوانات هذه المجموعة طيلة حياتها في سراديب وممرات تحت سطح الأرض وتتخذها مساكن لها ومصدراً لغذائها ، ولهذا تكون أجسامها إمّا قصيرة أو مطاولة نسبياً وأطرافها مكيفة للحفر ونثر التراب ، وذيلها قصير أو معدوم (لماذا؟) وأعينها إما صغيرة أو أثرية غير وظيفية إذ لا حاجة لها بها كما في حيوان الخلند Mole الذي يستدل عليه من أكوام التراب التي نشاهدها فوق سطح الأرض متناثرة هنا وهناك .

٥- **الثدييات الشجرية** Arborial mammals وتعيش معظم وقتها على الأشجار ، لذا نجد أطرافها قد تكيفت للتسلق ومسك الأغصان . وتنتمي لهذه المجموعة القردة Monkeys والسناجب Squirrels.

٦- **الثدييات البرمائية** Amphibious mammals وتعيش هذه المجموعة من الثدييات **متنقلة** بين بيئتين مختلفتين ، إذ تقضي جزءاً من أوقاتها في الماء والجزء الآخر على سطح الأرض أو في جحورها . لذا نجد أصابعها إما متصلة - كلياً أو جزئياً - بغشاء يساعدها على السباحة ، وذيلها يستخدم عادة كالمجذاف أثناء السباحة، ومن أمثلتها حيوان القندس Beaver وفأر المسك Musk - rat والمنك Mink.



الشكل (١-١٦) : أمثلة مختلفة على الثديات

٧- **الثدييات المائية** Aquatic mammals وتعيش هذه المجموعة معظم حياتها في الماء وتكون أجسامها مطاولة انسيابية لتقلّل من مقاومة الماء أثناء السباحة ، وبعض أطرافها متحوّرة على شكل زعانف للسباحة والتوازن ، وجلدها عارٍ (لاحظ الثدييات جسمها مغطى بالشعر عادة) لكنه مغطى بطبقة دهنية سميكة، ومن أمثلتها : الحيتان Whales والفقمة (عجل البحر) Seal وسباع البحر Sea lion والدلفين Dolphin.

هذا ، وعلى الرغم من تباين الثدييات وعيشها في بيئات مختلفة متباينة ، إلاّ أنّها تتصف جميعاً **بصفات بيولوجية مشتركة** من أبرزها ما يلي :

١- الجسم مغطى **بالشعر** Hair أو مشتقاته (الصوف ، والوبر ، والفرو .. الخ)، وهو كغطاء للجلد ، يناظر الريش في الطيور ، والحراشف في الزواحف والقشور في الأسماك . إلاّ أنّ بعض الثدييات (المائية) جلدها عارٍ كما في الحيتان . وينشأ الشعر من منطقة البشرة ، وقد يتحور إلى أشواك كما في القنافذ البريّة والشيهم (النيص) Porcupine . ويقي الشعر الجسم ويحميه ؛ كما أنّه يكون طبقة عازلة لحفظ درجة الجسم ثابتة وبخاصة إذا ما علمنا أنّ الثدييات (كالطيور) من ذوات الدم الحار . ويحوي الجلد غدداً مختلفة منها : الغدد العرقية (وهي لأول مرة تظهر في الثدييات) لتنظيم درجة حرارة الجسم ، والغدد الدهنية لترطيب الجلد وتليينه ، والغدد الثديية Mammary glands الموجودة على البطن (أو الصدر كما في الانسان) لإرضاع الصغار ، وتكون واضحة جداً في الاناث وضامرة في الذكور . وتقوم بإفراز الحليب الذي يعتبر الغذاء الأساسي لصغار الثدييات (قارن ذلك بقبائل الحيوانات الأخرى) ومن هنا جاءت التسمية (الثدييات) .

٢- يتركب الجسم من عدة مناطق هي :

أ- الرأس ،وتتصل به حواس: البصر والسمع والذوق والقرون (أحياناً) ، كما توجد فيه الأسنان المتباينة الأشكال والأحجام والمهيأة حسب نوع الغذاء الذي يتغذى عليه الحيوان .

ب- العنق ، قصير أو طويل نسبياً (كالزرافة) يتناسب مع بيئة الحيوان وغذائه.

جـ- الجذع ، ويكون إما ممطوطاً أو مضغوطاً ؛ وهو مكون من منطقتين هما: منطقة الصدر ومنطقة البطن .

د- الذيل (ما عدا الانسان) ، قصير أو طويل حسب حاجة الحيوان ومعيشته ، وهو يستخدم لأغراض مختلفة منها : التوازن أو التسلق أو الحماية أو طرد الحشرات أو لمآرب أخرى .

٣- يحمل الجذع زوجين من الأطراف الأمامية والخلفية ؛ ينتهي كل منها بخمس أصابع ذات مخالب أو أظلاف أو حوافر أو خف .. الخ . وتتحوّر الأطراف لتؤدي أغراضاً متباينة في الثدييات تتناسب وبيئة الحيوان كما يلي:

أ- تتحور إلى أجنحة لغرض الطيران كما في الثدييات الطائرة (الخفاش).

ب- تتحور إلى زعانف أو مجاذيف للسباحة (كالحوت والدلفين) .

جـ- قوية ومكيّفة بأظافر للحفر .

د- طويلة رفيعة وقوية للجري أو الركض (كالغزال) .

هـ- الأطراف الخلفية أطول من الأطراف الأمامية للقفز (كالكنغر) .

و- متحوّرة لأغراض التسلق على الأشجار ومثيلاتها (كالقردة) .

٤- الجهاز الدوري متقدم (كالطيور) ، مكوّن من القلب والأوعية الدموية المتصلة به ؛ والقلب مكون من أربع حجرات منفصلة (كالطيور) تماماً وهي : الأذينين والبطينين ؛ والقوس الأبهري يتجه نحو اليسار (عكس الطيور) ، والدم المؤكسج منفصل عن الدم غير المؤكسج وكرات الدم الحمراء كروية الشكل مقعرة السطحين عديمة الأنوية (النوى) ماعدا الجمال (لماذا؟) .

٥- التنفس بواسطة الرئتين . ويتألف الجهاز التنفسي من : فتحتي الأنف ،

والحنجرة والقصبة الهوائية ، والشعب الرئوية ، والرئتين ، **والحجاب الحاجز** Diaphram الذي يظهر لأول مرة في الحيوانات ، وهو عبارة عن حاجز عضلي هيكلي متسع وعريض يفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني في الثدييات وله علاقة مباشرة بآليّة التنفس.

٦-الجهاز العصبي راق يتفوق بيولوجياً (وتفكيرياً كما في الانسان) على الفقاريات الأخرى ؛ وعلى الرغم من ذلك ، فهو يشبه نظيره في الفقاريات من حيث المبدأ والتصميم والخلق ؛وهو يتألف من الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) والجهاز العصبي الطرفي (الأعصاب الشوكية والمخيّة والذاتية) . ويتصل بالمخ اثنا عشر زوجاً من الأعصاب المخيّة (القحفيّة). وهو يسيطر ويتحكم في نشاطات جميع أجهزة الجسم الأخرى بما فيها جهاز الغدد الصمّاء (للتوازن والاتزان الداخلي) وينسق أعمالها بدقة بالغة .كما تتصل به حواس : البصر – العين (نامية ذات أجفان متحركة وحادة في بعض الثدييات) ، والسمع والتوازن – الأذن (لها صيوان غضروفي متحرك أو ثابت ما عدا الحوت) ، والذوق والشم وهما متقدمتان في الثدييات إذ لهما القدرة على التمييز بدقة بين المركبات المختلفة.

٧- الهيكل العظمي داخلي يتخلله بعض الأجزاء الغضروفية لإضفاء المرونه على الجسم . ويتألف الهيكل العظمي خارجياً من : الهيكل المحوري (عظام الرأس – الجمجمة ، والعمود الفقري ، والأضلاع ، والقص) ، والهيكل الطرفي (الحزام الصدري – اللوح والترقوة ، والحزام الحوضي – العاني والورك والحرقف ، وعظام الأطراف الأمامية والخلفية) .

٨-الجهاز الهضمي ، يتألف من : القناة الهضمية (الفم والبلعوم والمرئ والمعدة والأمعاء الدقيقة والغليظة وفتحة الشرج) وملحقاة القناة الهضمية (الغدد اللعابية والكبد والبنكرياس) . والأسنان موجودة في الفم ، وهي متأقلمة حسب نوع الغذاء للحيوان ، وتوجد على أربعة أنواع هي : القواطع والأنياب والأضراس الأمامية والأضراس الخلفية .

٩–يتألف الجهاز البولي من كليتين وحالبين ومثانة وقناة بولية – تناسلية (مشتركةأو منفصلة حسب الجنس) – أمّا الثدييات البائضة فلها فتحة مجمع (مخرج) . ويتم التخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل يوريا بوجه عام كما في الانسان .

١٠– الجنس منفصل (ذكر وأنثى) ؛ وللذكر عضو جماع ، والاخصاب داخلي . والتكاثربالولادة (ما عدا الثدييات البائضة) ، والبويضة (أو البييضة) صغيرة جداً بدون قشرة (عكس الطيور والزواحف) ؛ ويتطور الجنين ويتمايز داخل الرحم ويتصل بالأم بواسطة المشيمة والحبل السرّي ، والأغشية الجنينية موجودة ، وتعتني (الثدييات) بصغارها بعد الولادة مباشرة إذ يكون غذاؤها الأساسي (الحليب) الذي تفرزه الغدد اللبنية من الأثداء .

بناء على ما سبق ، تضم الثدييات ثلاث مجموعات رئيسية متباينة هي :

أولاً : الثدييات البائضة Egg- Laying Mammals

وتمتاز هذه المجموعة بأنّ أفرادها تتكاثر بالبيوض لا بالولادة ، فتضع الأنثى بيضاً يفقس في الخارج ، إلا أنّ الأجنة الناتجة عن الفقس تلعق اللبن الذي يسيل من أثداء الأنثى لأن حلمات الأثداء معدومة ؛ ويقع ضمن هذه المجموعة منقار البط-Platy pus وآكل النمل الشوكي Spiny ant- eater .

ثانياً : الثدييات الكيسيّة Pouched Mammals

ويقع ضمن هذه المجموعة الكنغرKangaroo الذي يعيش في مناطق مختلفة من استراليا ؛ وتلد الأنثى أجنة صغيرة تبلغ بضع سنتمترات غير تامة النمو لا تلبث أن تزحف إلى كيس موجود على بطن الأنثى وتلتصق بالحلمات الثديية حتى يكتمل نموها .

ثالثاً : الثديّات المشيميّة Placental mammals يقع فيها الإنسان ، وهي أرقى الثدييات والكائنات الحية الأخرى بيولوجياً . يتكون ويتطور الجنين الكامل داخل

رحم الأنثى ويتصل بالرحم بواسطة المشيمة والحبل السرّي حيث تلتصق المشيمة بجدار الرحم . هذا ، ويعتمد الجنين (وجنين الإنسان) اعتماداً كلياً على الأم فيحصل على الغذاء والأكسجين من دم الأم عبر المشيمة والحبل السرّي ، ويطرح فيه الفضلات المتكونة داخل جسمه .

والحديث عن الثدييات طويل جداً إذ تقع في علم مستقل يسمى **علم الثدييّات** Mammalogy . إلاّ أنه لصلتها المباشرة بعلم حياة الإنسان وبيولوجيته ، الذي يعتبر الموضوع الرئيسي لهذا الكتاب ، لا بد من التنويه بأجهزتها الرئيسية العشرة التي سنتحدث عنها بشيء من التفصيل في الفصول اللاحقة ؛ وهذه الأجهزة تضم: (١) الجلد - غطاء الجسم (الحماية) ، (٢) الجهاز (الهيكل) العظمي (الدعامة)، (٣) الجهاز العضلي (الحركة) ، (٤) الجهاز العصبي (الإحساس والتآزر) ، (٥) جهاز الغدد الصمّاء (التنظيم الهرموني -التوازن) ، (٦) الجهاز الدوري (النقل)، (٧) الجهاز التنفسي (تبادل الغازات وانتاج الطاقة) ، (٨) الجهاز الهضمي (الهضم والإمتصاص) ، (٩) الجهاز البولي (الاخراج) ، (١٠) الجهاز التناسلي (التكاثر) .

الصفات البيولوجية للانسان

يلاحظ مما تقدم ، أنّ **الانسان** (بيولوجياً) يقع في المملكة الحيوانية - قبيلة الحبليات وصف الثدييات . وتُعتبر الحبليات أرقى الحيوانات قاطبة من حيث تعقد أجهزتها وخاصة الجهاز العصبي . كما نجحت هذه القبيلة (والانسان) في التكيف والتأقلم للحياة في بيئات مختلفة ومتباينة كالبيئة المائية والصحراوية والثلجية والكهوف وتحت التربة وعلى الأشجار ... الخ . والحبليات ، بما فيها الانسان ، تنفرد في بعض الصفات البيولوجية الأساسية التي تتمثل في : ١- الحبل العصبي الظهري ٢- الحبل الظهري ٣- الشقوق الخيشومية البلعومية ٤- الهيكل الداخلي ٥- الذيل (ماعدا الانسان) .

بالاضافة إلى ما تقدم ، **يتميز الإنسان** ، الذي **خُلق في أحسن تقويم** ، ببعض **الصفات البيولوجية** الأخرى التي تميزه عن بقية الكائنات الحية . وتتمثل هذه

المميزات بالصفات البيولوجية التالية :

١- **انتصاب القامة** Upright (انظر إلى الشكل ١-١٧) وما يرتبط بها مورفولوجياً (خارجياً) وتشريحياً كما في : (أ) المشي على القدمين (ب) استخدام اليدين بكفاءة واقتدار . هذا ، ويعتمد انتصاب القامة في الإنسان على بعض التكيفات الجسمية كما في :

أ- العمود الفقري ، إذ يتضمن انحناء بارزاً في المنطقة القطنية وما يترتب على ذلك من كون الرجلين عمودية مع محور العمود الفقري ، ومركز الثقل يكون فوق الأقدام مباشرة مما ينجم عنه تحقق الإتزان عند الوقوف.

ب-القدم ، عظام الكاحل في الإنسان كبيرة نسبياً وبالتالي تحمل الجانب الأكبر من وزن الجسم . كما أنّ الأصابع في القدم قصيرة ، ويمتد الإبهام في نفس اتجاه الأصابع مما يهيء لجسم الإنسان دعامة أقوى يستند عليها .

جـ- عظام (الحوض) عريضة ، ومنبسطة ومنضغطة عمودياً وبالتالي يمكن أن تحمل وزن الجذع بالإضافة إلى قيامها بدور دعامي للجسم .

د- الأعضاء الداخلية موزعة بشكل يسهم في المحافظة على توازن الجسم عند الوقوف .

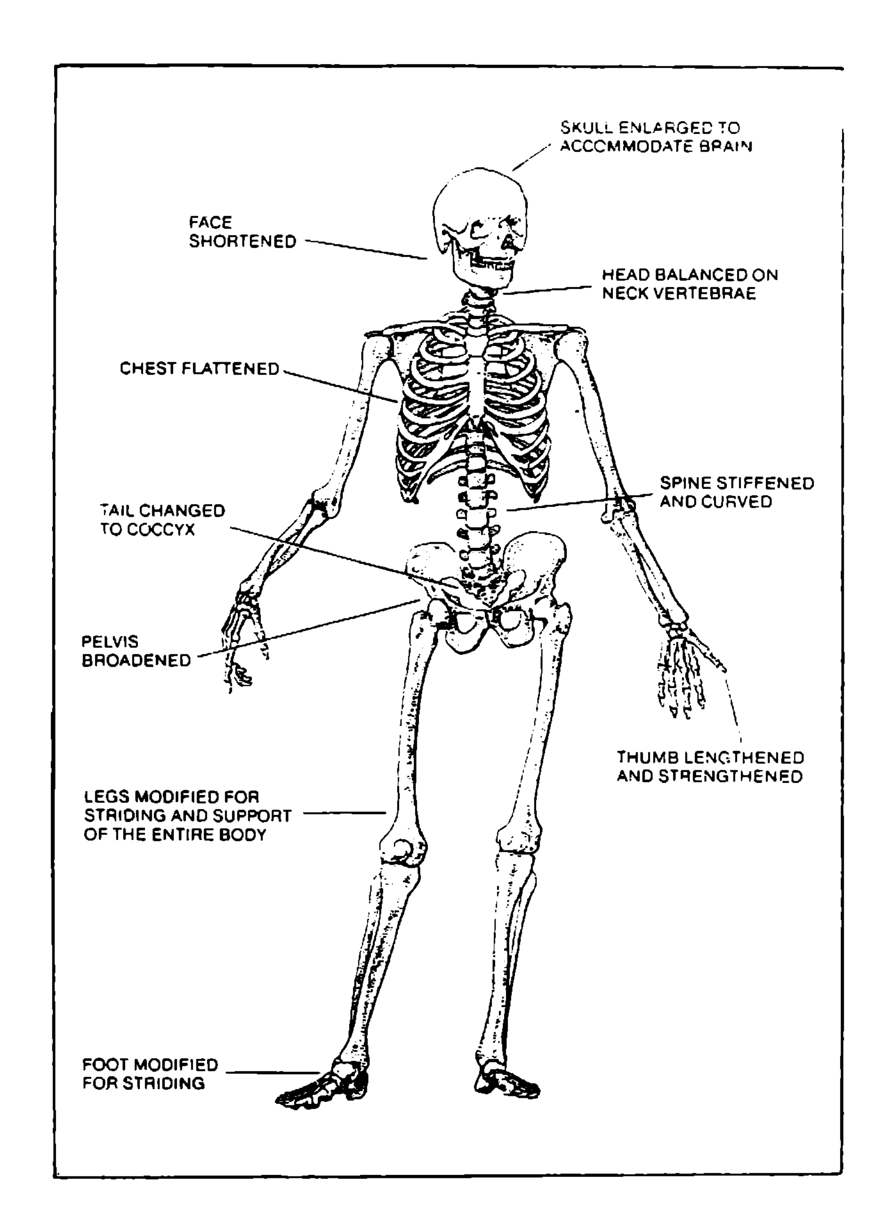
هـ- عظمة الإلية كبيرة نامية ، وتعمل كدعامة خلفية تمنع الجسم من الإنحناء إلى الأمام بالإضافة إلى دورها في انتصاب القامة أثناء المشي (الشكل ١-١٧).

٢- **التركيب الخاص للأيدي والأرجل** وقدرتها على التحكم بالأشياء التي تتعامل معها بدقة واقتدار.

٣- **كبر حجم الجمجمة** ، حيث تتميز جمجمة الإنسان بما يلي :

أ- كروية الشكل ، وفيها عظام الجبهة عريضة وكبيرة ، وعلبة الدماغ تقع فوق الوجه مباشرة وليس خلفه كما هو الحال في الثدييات الأخرى .

ب- الجمجمة مرتفعة على شكل قبة ، وتقع عمودية على العنق ، وعظامها خفيفة نسبياً مما أدّى إلى عدم الحاجة إلى عضلات عنقية قوية مقارنة بالحيوانات الثديية الأخرى .



الشكل(١-١٧)

بعض التعديلات (التكيّفات) في الهيكل العظمي للانسان

جـ- قاعدة الجمجمة فيها ثقب كبير يمر من خلاله النخاع الشوكي .

د-التكوين الخاص لجمجمة الإنسان ، ساعد على ايجاد مكان لنمو المخ وبخاصة النصفين المخيّن بحجم كبير نسبياً نسبة إلى وزن الجسم .

٤- **جهاز عصبي راق** ؛ أعظم تخصص يتمتع به الإنسان هو امتلاكه لجهاز عصبي راق مكنّه من اختراع السيارة والطيارة والكمبيوتر وارتياد الفضاء ... الخ . وفي هذا الصدد يلاحظ ما يلي :

أ- تعقد المخ بما في ذلك السلوك الإنساني ، والتعبيرات الوجهيّة المختلفة واللغة سواء بسواء.

ب- القدرة على الكلام (اللغة) ومما يترتب على ذلك من اتصال وتواصل ونشوء (الثقافة الإنسانية) والبشرية المختلفة .

جـ- الدماغ أكبر عضو عصبي في جسم الإنسان ، يتركب من بلايين الخلايا العصبية ويشغل أغلب الجمجمة . ويبلغ وزن الدماغ حوالي (١٤٠٠ غم) أي ما نسبته ٣ر٢٪ من وزن الإنسان العادي بوجه عام . وهي نسبة عالية مقارنة بنظيرتها في الحيوانات الأخرى .

٥- **تعرّي الجسم من الشعر** بدرجة كبيرة وبخاصة إذا ما قورن بالحيوانات الثديية الأخرى التي تتميز بأنّ جسمها مغطى بالشعر أو مشتقاته وتحوراته . وكذلك ضمور عضلات صيوان الأذن .

٦- **طول فترة الحمل** (٣٨ أسبوعاً) واستكمال النمو بعد الولادة ، مما تجعل مدة الرعاية التي يحاط بها الإنسان كبيرة .

٧- **الميل الجنسي** عند الإنسان غير موسمي (عكس الحيوانات الأخرى) ويستمر طول العام . وقد يترتب على ذلك ، زيادة كبيرة في الأعداد البشرية . هذا بالإضافة إلى قدرة الإنسان على التحكم في البيئة لحد كبير والعمل على تغييرها باستمرار إما لسعادته أو لتدميره .

الفصل الثاني

مستويات التنظيم في جسم الإنسان

البروتوبلازم : مادة الحياة Protoplasm

ما هو البروتوبلازم ؟ وما هي خصائصه الحيوية والفيزيائية والكيميائية ؟

يتركب جسم الإنسان من وحدات تركيبيّة وظيفية صغيرة تُسمى **خلايا**Cells لها القدرة على القيام بجميع مظاهر الحياة والنشاطات الحيوية التي تنفرد بها الكائنات الحية عن الكائنات (الجمادات) الأخرى وذلك بفضل المادة الحية (مادة الحياة) المسمّاة بالبروتوبلازم . والبروتوبلازم نموذجياً ، هو مادة شفافة رمادية غالباً وغروية ، ولزجة لحد ما ، ولكنها قادرة على الإنسياب . وتركيب البروتوبلازم يختلف ، **فهو إمّا حبيبي أو يشبه الرغوة** ، أو حويصلي أو مستحلب أوليفي أو شبكي مكوّن من ألياف صغيرة أو خيوط . والبروتوبلازم مادة حية (كيميائية) يتوافر فيها **الشرطان الأساسيان للحياة وهما :**

الأول : القدرة على القيام بعملية الأيض Metabolism التي تتضمن عمليتي الهدم والبناء وما يترتب على ذلك من نشاطات حيوية أخرى كالحركة والإخراج والتكاثر ... الخ .

الثاني : القدرة على الإستمرارية الذاتية Self- Perpetuation وذلك من خلال القيام بصنع مثيله لاستمرارية الحياة وبقائها .

المحاليل

قبل التحدث عن مكونات البروتوبلازم وبخاصة المستوى الكيميائي ، لابد من الحديث عن المستوى الفيزيائي ، والأسس الفيزيائية لبروتوبلازم الكائنات الحية بوجه عام والإنسان بشكل خاص . من بين الأسس الفيزيائية التي ينبغي التعرف إليها المحاليل Solutions . فما هو المحلول ؟ وما هي أنواع المحاليل ؟ وما صلتها بمادة الحياة (البرتوبلازم) ؟ وماذا يحدث لبروتوبلازم الخلية عندما تُوضع في محاليل مختلفة التركيز ؟

المحلول عبارة عن مزيج متجانس لمادتين أو أكثر من المواد الغازية أو الصلبة أو السائلة (في الماء) . وتُقسم المحاليل إلى ثلاثة أنواع (الشكل ٢ –١) هي :

أولاً : المحلول الحقيقي True Solution

ضع كمية من ملح الطعام (أو السكر) في الماء وحركه مدة من الزمن ، ماذا تلاحظ ؟ عند إذابة كمية من ملح الطعام (أو السكر) تصبح جزيئات (أو أيونات المادة المذابة) الملح موزعة بالتساوي في جزيئات الماء (السائل المذيب) . وتكوّن كثير من الأحماض والقواعد والأملاح وبعض المركبات الأخرى (كالسكريات مثلاً) محاليل حقيقية يختفي فيها الذائب بسرعة عن النظر ، وتنتشر الجزيئات الذائبة في المذيب انتشاراً كاملاً بحيث لا يمكن رؤيتها بالمجهر ، ولا فصلها بالترشيح ولا ترسيبها ، ويصبح المذيب رائقاً . كما يمكن إذابة سائل في سائل آخر (كإذابة الكحول في الماء) أو إذابة الغاز في السائل (كإذابة الأكسجين في الماء) . هذا ، وتشكل الجزيئات الذائبة بالنسبة لإيصالها التيار الكهربائي نوعين من المحاليل :

أ – محاليل متأينة Electrolytes موصلة للتيار الكهربائي (كمحلول الملح) .

ب – محاليل غير متأينة Non - electrolytes غير موصلة للتيار الكهربائي (كمحلول السكر) .

وعند إزالة المذيب أو تجفيفه بطريقة ما (كالتبخر مثلاً) ، فإنّه يمكن الحصول على جزيئات المادة المذابة (الملح أو السكر) متجمعة على شكل بلورات لها بناء منتظم .

ثانياً : المعلّقات والمستحلبات Suspensions and Emulsions

حاول أن تمزج كمية من الطمي أو الدقيق أو الرمل الناعم في الماء ، ماذا تلاحظ؟ قارن ما تلاحظه بالمحلول الملحي (أو السكري) السابق ؟

إذا كانت الجزيئات (المذابة) كبيرة الحجم (لا تقل عن ار. ميكرون) – مجاميع من الجزيئات ، ولا تذوب في السائل (الماء) ، ولا تنتشر انتشاراً كاملاً في المذيب (الماء) وإنما تبقى معلّقة فيه ، فإنّها تؤدي إلى ناتج معكر يسمى العالق أو المعلقات Suspension . وإذا ترك المحلول ساكناً فإنه يروق ببطء إذ إنّ الجسيمات تترسب في القاع . وفي هذا المحلول :

أ – يمكن رؤية جزيئات المادة المذابة بالمجهر العادي وربما أيضاً بالعين المجردة في حالات معينة .

ب – يمكن فصل دقائق المادة المذابة بالترشيح وترسيبها بفعل الجاذبية الأرضية .

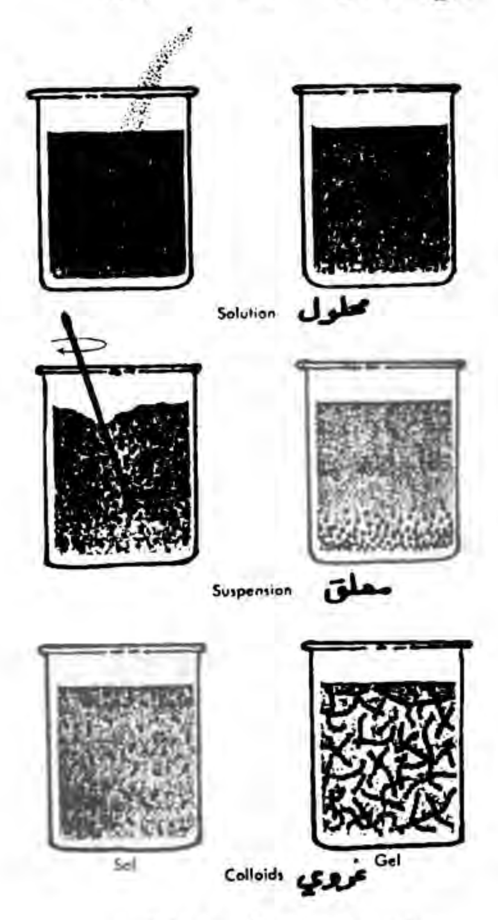
جـ – تسمى المادة (الصلبة) المعلقة في سائل ما ، بالمحلول المعلق (كالرمل الناعم في الماء) ؛ في حين تسمى المادة (السائلة) الممزوجة في سائل آخر بالمحلول المستحلب كما في مزج الزيت والماء أو الحليب الذي يحتوي على قطرات دهنية في الماء .

ثالثاً : المحاليل الغروية Colloids

ضع كمية قليلة من الجيلاتين في أنبوب اختبار ، ثم أضف كمية قليلة من الماء وسخن الأنبوب في حمام مائي . ماذا تلاحظ ؟ لقد تكون لديك محلول غروي في حالة السيولة Sol . برّد الأنبوب في وعاء يحتوي على قليل من الجليد ، ماذا تلاحظ ؟ يتحول المحلول الغروي إلى محلول غروي في حالة الصلابة Gel . قارن ذلك بخصائص (بروتوبلازم) الخلية الفيزيائية .

يتبيّن أنّ المحلول الغروي حالة وسط بين المحلول الحقيقي والمعلقات . وتكون فيه الدقائق متوسطة الحجم إلى كبيرة إلى الدرجة التي لا تدخل في المحلول الحقيقي ، وصغيرة إلى الدرجة التي لا تترسب فيها ، والغراء هو مادة (غروية) تتكون من جيلاتين

حيواني في الماء ، حيث تبقى الجزيئات عالقة لزمن محدود . ويسمى الماء المادة الخلالية (الحالة المستمرة أو الخارجية) في حين تسمى المادة الأخرى بالمحتوى (الحالة المنتشرة أو الداخلية) . وعليه ، يشبه المحلول الغروي المحلول الحقيقي في أنه لا تترسب جزيئاته بفعل الجاذبية الأرضية ، ولا يمكن فصله بالترشيح . في حين يشبه (المحلول الغروي) المحاليل المعلقة في إمكانية رؤية جزيئاته باستخدام المجهر . كما أنّ الغرويات لا يمكنها الإنتشار خلال الأغشية ، وعند تجفيفها تتحول إلى كتل ليس لها شكل محدّد على عكس البلوريات (كالملح والسكر) في المحاليل الحقيقية التي يمكن أن تنتشر خلال الأغشية ، وعندما تجفف ينتج عنها بلورات لها بناء منتظم مميز .



شكل (٢-١) : أنواع المحاليل

خواص الغرويات :

يوصف البروتوبلازم بأنّه نظام معقد من مواد كيميائية وتراكيب متعضيّة ذات قوم جيلاتيني بسيط ، يصفه البعض بأنه مستحلب غروي . وهو نصف صلب أو نصف سائل يمكنه التحول السريع من حالة السيولة Sol إلى حالة الصلابة Gel أو العكس . ويمكن فهم **خصائصه** (الفيزيائية) من خلال **خواص الغرويات** التي تتمثل بما يلي :

١ – توجد الغرويات في صورة نصف صلبة هلامية أو في صورة سائلة (الجيلاتين في الماء عندما يكون بارداً وعندما يسخن كما ذكر سابقاً) . والمادة الحية (البروتوبلازم) نجدها مادة غروية جداً ، يمكنها التحول السريع من حالة السيولة إلى حالة الصلابة . ويحدث هذا التحول السريع تبعاً لتركيز الجزيئات (الدقائق) أو الماء كما في (بروتوبلازم) الأميبا على سبيل المثال .

٢ – جزيئات (دقائق) المحاليل الغروية لا تترسب بفعل الجاذبية الأرضية ، ويرجع ذلك إلى عاملين :

أ – إنّ الجزيئات في حركة مستمرة وتصدم باستمرار بجزيئات السائل المتحرك وبالتالي تنتشر الجزيئات في جميع الإتجاهات تتغلب القوى التي تدفعها على قوة الجاذبية الأرضية فتظل الدقائق معلقة . وقد أطلق على هذه الحركة العشوائية باسم مكتشفها – الحركة البراونية-Brownian movement ويمكن ملاحظة هذه الحركة تحت المجهر . ولتحقيق ذلك ، ضع قطع من محلول الحبر الصيني المخفف (أو محلول صبغة الكارمين) على شريحة زجاجية وغطها بغطاء الشريحة ، ثم لاحظها تحت المجهر . لاحظ حركة الدقائق في اتجاهات (عشوائية) مختلفة وتابع حركتها .

ب – معظم المحاليل الغروية تكون في حالة متأينة تحمل شحنات كهربائية، وبما أنّ جميع الدقائق الغروية تحمل شحنات متشابهة ، لذا فإنّها تتنافر وتبقى متباعدة عن بعضها البعض اعتماداً على خواص الشحنات الكهربائية التي تتمثل في أنّ الشحنات الكهربائية المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب. وعليه ، يمكن ترسيب المحلول الغروي وذلك بمعادلة شحناته بإضافة مواد

مشحونة بشحنة مخالفة لشحنة المحلول الغروي .

٣ - دقائق المحلول الغروي كبيرة نسبياً لدرجة أنّها قادرة على بعثرة الضوء بعكس دقائق المحلول الحقيقي .

٤ - المحاليل الغروية تتأثر بالزمن ؛ حاول أن تترك كمية من الحليب مدة طويلة من الزمن، ماذا تلاحظ ؟ تكون دقائق المحلول مغلفة بطبقات من الماء تسمى بالماء اللاصق ، ويكون هذا الماء متجمعاً على سطوح الدقائق بواسطة قوى كهربائية ساكنة . إلاّ أنّه مع الزمن ، يلاحظ أنّ القدرة الضامة للدقائق تقل تدريجياً مما يعني تسرب بعض جزيئات الماء المحيط فيتحول عندئذ المحلول الغروي (تدريجياً) من حالة السيولة إلى حالة الصلابة .

٥ - يمكن فصل المحاليل الغروية عن المحاليل الحقيقية من خلال ما يعرف بالفصل الغشائي للغرويات . كيف يمكن تحقيق ذلك ؟ يمكن تحقيق ذلك عملياً بوضع المحلولين في كيس مصنوع من مادة السيلوفان Cellophane bag مساماته أصغر من أقطار الدقائق الغروية وأكبر من تلك في المحلول الحقيقي . وعليه ؛ إذا وضع هذا الكيس في وعاء فيه ماء ، فإنّ الدقائق الصغيرة (للمحلول الحقيقي) تخرج من المسامات ، في حين تبقى دقائق (المحلول الغروي) داخل الكيس بصورة نقية. حاول التحقق من ذلك بوضع كمية من محلول النشا (محلول غروي) ومحلول ملح الطعام (محلول حقيقي) في كيس مصنوع من السيلوفان. اربطه بخيط وعلقه في كأس فيه ماء . وعند فصل المحلولين ، اختبر وجود النشا في الكيس بإضافة اليود حيث ينتج لون أزرق ، واختبر وجود الملح في الكأس بمذاقه المالح .

التركيب الكيميائي للبرتوبلازم

يتركب جسم الإنسان من وحدات تركيبيّة وظيفية تسمى خلايا . والخلية عبارة عن كتلة من مادة الحياة المسمّاة (البروتوبلازم) . والبروتوبلازم من الناحية الكيميائية ، عبارة عن مزيج مركب من مواد كيميائية خاصة مرتبة بنظام معيّن تتضح فيه صفات الحياة . والمادة ، هي كل شيء يشغل حيزاً وله ثقل ويمكن ادراكه بالحواس . وتتألف

المادة من دقائق صغيرة تعرف بالجزيئات Molecules ؛ وهي (الجزيئات) عبارة عن وحدات يمكن تجزئة (المادة) إليها مع الإحتفاظ بذاتها . وتتألف الجزيئات من دقائق أصغر تعرف بالذرات Atoms . وكل نوع من الجزيئات يتألف من عدد معين من الذرات التي ترتبط ببعضها بروابط كيميائية وبطريقة معينة . ويتألف أبسط أنواع الجزيئات من اتحاد ذرتين متماثلتين من نفس النوع كما في حالة اتحاد ذرتي هيدروجين لتشكيل جزيء واحد من الهيدروجين .

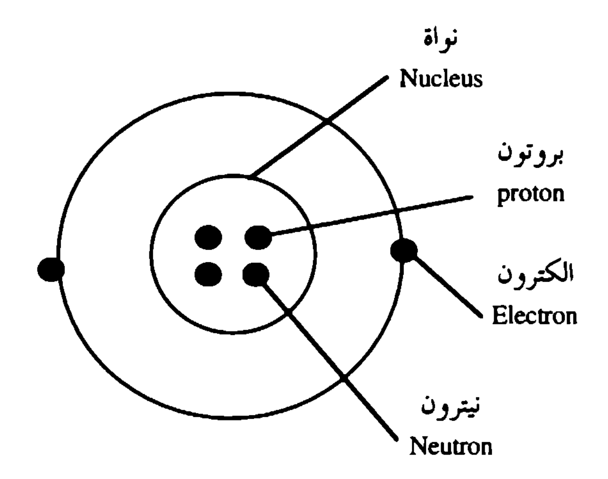
الــذرة

مم تتركب الذرة ؟ تتألف العناصر من ذرات . والذرة هي أصغر جزء من العنصر يشترك في التفاعلات الكيميائية ولا يتجزأ خلال هذه التفاعلات . لكن (الذرة) تتجزأ بطرق أخرى إلى مكوناتها وتفقد عندئذ خصائص العنصر الذي تنتمي إليه . وتتكون الذرة من (نواة) وجسيمات صغيرة جداً أخرى هي :

١ - **البروتونات** Protons البروتون عبارة عن جُسيم صغير موجود في نواة الذرة ، ذات شحنة موجبة التكهرب . وعدد البروتونات في نواة الذرة يحدد صفات العنصر الكيميائية . وتختلف عدد البروتونات في نواة الذرة باختلاف العناصر . فعلى سبيل المثال ، نواة ذرة الهيدروجين تحتوي على بروتون واحد ، ونواة الهيليوم تحتوي على بروتونين (الشكل ٢-٢) ، ونواة ذرة الكربون تحتوي على ستة بروتونات .

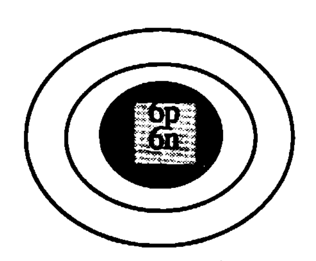
٢ - **النيوترونات** Neutrons النيترون عبارة عن جُسيم صغير جداً موجود في نواة الذرة ، وزنه يعادل وزن ذرة الهيدروجين . ويوجد النيترون في نواة ذرة كل العناصر (ما عدا ذرة الهيدروجين) العادي . وهو عديم الشحنة الكهربائية . هذا وتتركز البروتونات في النواة مع النيوترونات المساوية لها في الكتلة وغير المشحونة ، وتشكلان معاً كتلة الذرة .

ويكون عدد البروتونات في نواة ذرة العنصر الواحد ثابتاً ويسمى العدد الذري؛ في حين قد يختلف عدد النيوترونات للعنصر الواحد ويعطي عندئذ ما يُسمى بنظائر العنصر .

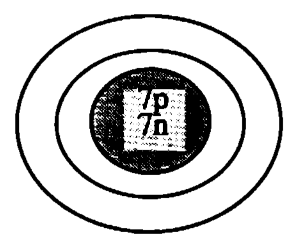


الشكل (٢-٢) : ذرة الهيليوم

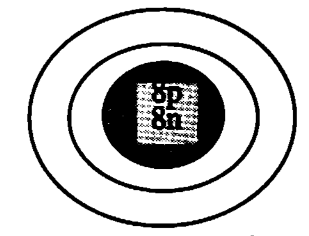
٣ - **الإلكترونات** Electrons الالكترون عبارة عن جسيم وزنه يعادل ١/ ١٨٤٠ من وزن البروتون تقريباً ، ويحمل شحنة كهربائية (سالبة) . وهي (الالكترونات) مرتبة بنظام خاص تسبح في مدارات حول أنوية (نوى) ذرات العناصر . ويوجد حول النواة عدد من الالكترونات (الشحنات السالبة) يساوي عدد البروتونات (الشحنات الموجبة) في تلك النواة ، وذلك لتعادل شحنة النواة ولتصبح الذرة متعادلة كهربائياً . فذرة الأُكسجين متعادلة كهربائياً ، تحمل ثماني شحنات موجبة (بروتونات) ويدور حولها ثمانية الكترونات (سالبة) . وتحمل ذرة النيتروجين سبع شحنات موجبة (بروتونات) يدور حولها سبعة الكترونات سالبة. وتحمل ذرة الكربون ست شحنات موجبة (بروتونات) يدور حولها ستة الكترونات سالبة (الشكل ٢-٣) .



Carbon (C) الكربون



Nitrogen (N) النيتروجين



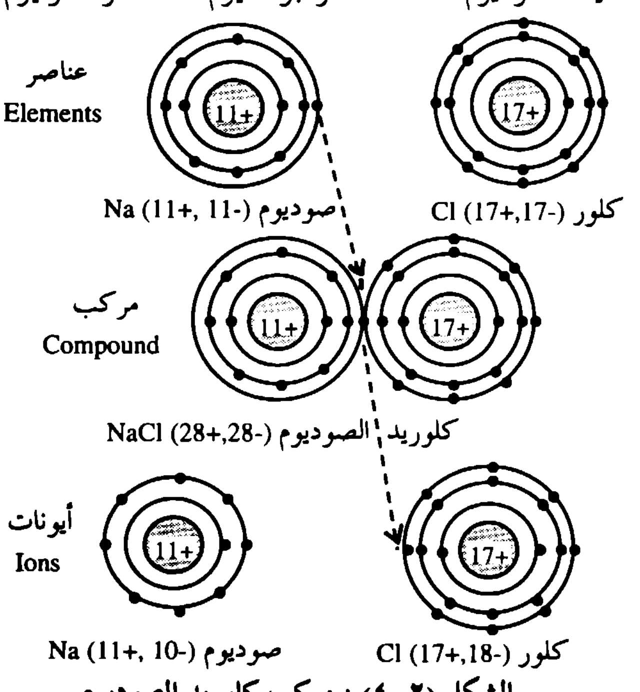
Oxygen (O) الأكسجين

الشكل (٢-٣) : ثلاث ذرات لعناصر الأُكسجين والنيتروجين والكربون

والتغير في عدد الكترونات الذرة يغيّر الطبيعة الكهربائية للذرة . فإذا حصلت الذرة على الكترونات فإنّها تصبح عندئذ سالبة التكهرب ؛ وإذا فقدت الكترونات فإنّها تصبح موجبة التكهرب .

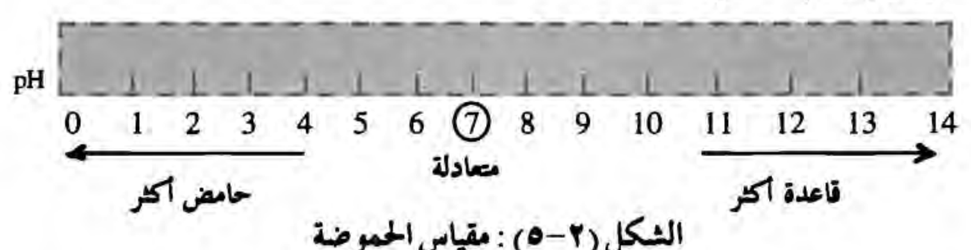
وتسمى الذرة المتغيرة (بالأيون) ، فالأيون ذرة (أو مجموعة ذرات) مشحونة كهربائياً . والمادة التي تنتج عن التحام (تفاعل) نوعين أو أكثر من الذرات (أو الأيونات) تسمى المركب كما في مركب كلوريد الصوديوم NaCl المكوّن من تفاعل الصوديوم مع الكلور (الشكل ٢ – ٤) .

وعندما يُذاب كلوريد الصوديوم في الماء ، يتفكك إلى أيونات صوديوم موجبة التكهرب وأيونات كلور سالبة التكهرب ، ويكوّن محلولاً موصلاً للتيار الكهربائي (الكتروليت) . وأي مركب كيميائي يتفكك في الماء منتجاً أيونات الهيدروجين (+H) يسمى الحامض مثل حامض الكبريتيك وحامض النيتريك وحامض الكلوردريك..الخ. مقابل ذلك، فإنّ القاعدة (أو القلوي) هي مركب ينتج في الماء أيونات الهيدروكسيل (-OH) كما في هيدروكسيد الصوديوم Na OH والبوتاسيوم KOH والأمونيوم NH4 OH .



الشكل (٢–٤) : مركب كلوريد الصوديوم

هذا ، وتتحدد قوة الحوامض أو القواعد بواسطة العدد النسبي لأيونات الهيدروجين (+H) وأيونات الهيدروكسيل (-OH) الموجودة في المحلول . وعليه ، يمكن قياس درجة الحامضية أو القاعدية بواسطة مقياس خاص تدريجه من (صفر إلى ١٤) يسمى الرقم الهيدروجيني (PH). وكلما ازداد رقم مقياس الحموضة ازداد تركيز أيونات الهيدروكسيل وتقوى القاعدة . في حين كلما انخفض مقياس رقم الحموضة تزداد أيونات الهيدروجين (+H) ويقوى الحامض (الشكل ٢-٥) . وعند الرقم الهيدروجيني (٧) يكون تركيز أيونات الهيدروكسيل مساوية لتركيز أيونات الهيدروجين (التعادل) .



الشكل (٢-٥) : مقياس الحموضة

وبوجه عام ، معظم سوائل جسم الإنسان يكون رقم درجة حموضتها قريبة من الرقم (٧)؛ فدرجة حموضة دم الإنسان حوالي (٤ر٧)، والبول (٨ر٤ - ٥ر٧)، والدموع (٤ر٧)، واللعاب (٦ر٦)، وافرازات الأمعاء (٧-٨)، وافرازات المعدة (١-٥ر٢) . وللمقارنة ، فإنّ الرقم الهيدروجيني لبعض المحاليل التي يتغذى عليها الإنسان ، تكون للحليب حوالي (٦ر٦ - ٩ر٦) ولعصير البندورة (٣ر٤) ولعصير البرتقال (٦ر٢ - ٤ر٤) والكولا (٥ر٢-٣) . وعند مزج (تفاعل) الحامض مع القاعدة ينتج ملح وماء (تعادل) حيث يبطل كل منها مفعول الآخر وفق المعادلة التالية :

HCl + Na OH ....> NaCl + H2O

العناصر المكونة للبروتوبلازم :

يدخل في تركيب البروتوبلازم (مادة الحياة) حوالي (٣٥) عنصراً من أكثر من مئة عنصر معروف . منها أربعة عناصر هي : (الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين) تشكل حوالي ٩٦٪ من وزن الخلية وتسمى العناصر الأساسية للحياة . وبشكل أكثر تحديداً ، يمكن تقسيم العناصر التي تدخل في **تركيب البروتوبلازم** كما

يلي :

أولاً : العناصر (الأربعة) الكبرى الأساسية للحياة ، وهي عناصر موجودة في جميع بروتوبلازم الكائنات الحية (بما فيه الإنسان بالطبع) وتشكل حوالي ٩٦٪ من وزن الخلايا . وهذه العناصر الأربعة هي : الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين . ويعتبر عنصر الكربون من أهم العناصر الأربعة لأنه يتصف بصفات كيميائية تساعده في تكوين الجزيئات والمركبات المعقدة الموجودة في البروتوبلازم . ويبلغ نسب وجود هذه العناصر كما يلي :

العنصر		النسبة٪
١ – الأكسجين	(O)	٦٣
٢ – الكربون	(C)	٢٠ر٢
٣ – الهيدروجين	(H)	٩ر٩
٤ – النيتروجين	(N)	٢ر٥

ثانياً : العناصر الأساسية ، وهي عناصر توجد في معظم بروتوبلازم الكائنات الحية . ويبلغ عددها ثلاثة عشر (١٣) عنصراً تشكل أقل من ٥٪ من وزن البروتوبلازم. وعليه ، فإنّ حوالي (١٧) عنصراً فقط توجد تقريباً في جميع الكائنات الحية . وهذه العناصر هي :

العنصر		النسبة ٪
١ – صوديوم	(Na)	١٠ر٠
٢ – مغنيسيوم	(Mg)	٠٧ر٠
٣ – فسفور	(P)	١٤ر١
٤ – كبريت	(S)	١٤ر٠
٥ – كلور	(Cl)	١٦ر٠
٦ – بوتاسيوم	(K)	١١ر٠

٧ – كالسيوم (Ca) ٥٠ر٢

٨ – حديد (Fe) ٠١ر٠

٩ – عناصر نادرة (منغنيز وكوبالت ونحاس ونيكل وزنك) بنسبة(٧٦ر٠٪)

ثالثاً : **عناصر أثرية** ، وهي عناصر توجد في كائنات حية مختلفة وبتركيزات أقل من (٠٠١ر٠٪) . إلاّ أنها مهمة لبعض الكائنات الحية . وهي تضم عناصر : فنيديوم (V) ، والموليبدنم (MO) ، والليثيوم (Li) ، والفلور (F)، والسيلكون (Si)، والأرسين(As)، والبروم (Br)، والقصدير (Sn)، واليود (I) والباريوم(Ba) .

المركبات المكونة للبروتوبلازم

تكوّن العناصر السابقة وبخاصة الكبرى والأساسية ، الداخلة في تركيب البروتوبلازم ما يُسمى بالمركبات (Compounds). والتحليل الكيميائي لبروتوبلازم خلية مثالية ، يبيّن أن البروتوبلازم يتكون من المركبات التالية :

١ – المركبات غير العضوية ، وتضم الماء والأملاح المعدنية والحوامض والقواعد والأكسجين وثاني أكسيد الكربون (الغازات) .

٢ – المركبات العضوية ، وتضم المواد (المركبات) الكربوهيدراتية (السكرية) والدهون والبروتينات (والأنزيمات) والأحماض النووية . وفيما يلي عرض مختصر لهذه المكونات (المركبات) .

أولاً : المركبات غير العضوية

١ – الماء : Water

الماء أساسي للحياة ، ولا حياة بدون الماء (**وجعلنا من الماء كل شيء حي**). ويُشكّل الماء بوجه عام ، حوالي (٦٠–٧٠٪) من بروتوبلازم الخلايا . ونسبة الماء في الخلايا الحديثة السن (الأطفال) أكبر من نسبتها في الخلايا المسنّة (الكبار) – لماذا ؟

ومن الناحية الكيميائية ، يتألف جزيء الماء (H2O) من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين . ويكون وضع ذرتي الهيدروجين في جهة مكونة مع

الأكسجين زاوية حوالي (٥ر١٠٤ درجة) وتكون مشحونة نسبياً بشحنة كهربائية موجبة ؛ في حين تكون ذرة الأكسجين في الجهة المقابلة مشحونة نسبياً بشحنة سالبة. وعليه ، يرتبط جزيء الماء المشحون كهربائياً بأربعة جزيئات ماء أخرى بروابط هيدروجينية ضعيفة (الشكل ٢-٦) .

وتتضح **أهمية الماء في الحياة** بما يلي :

١ - يدخل الماء في تركيب خلايا وأنسجة وأعضاء الجسم (٦٠-٧٠٪)، وهو يشكل حوالي ٩٠٪ من بلازما الدم وحوالي ٩٩٪ من اللعاب والعصير المعدي .

٢ - يسبب الليونة والمرونة للجسم .

٣ - السعة الحرارية للماء عالية (لأن الحرارة النوعية له عالية) وبالتالي له قدرة عالية على امتصاص الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية .

٤ - له توتر سطحي مرتفع .

٥ - الماء مادة مذيبة للأيونات المعدنية ووسط مشتت للمحاليل الغروية .

٦ - يدخل في معظم التفاعلات البيوكيميائية في الخلية .

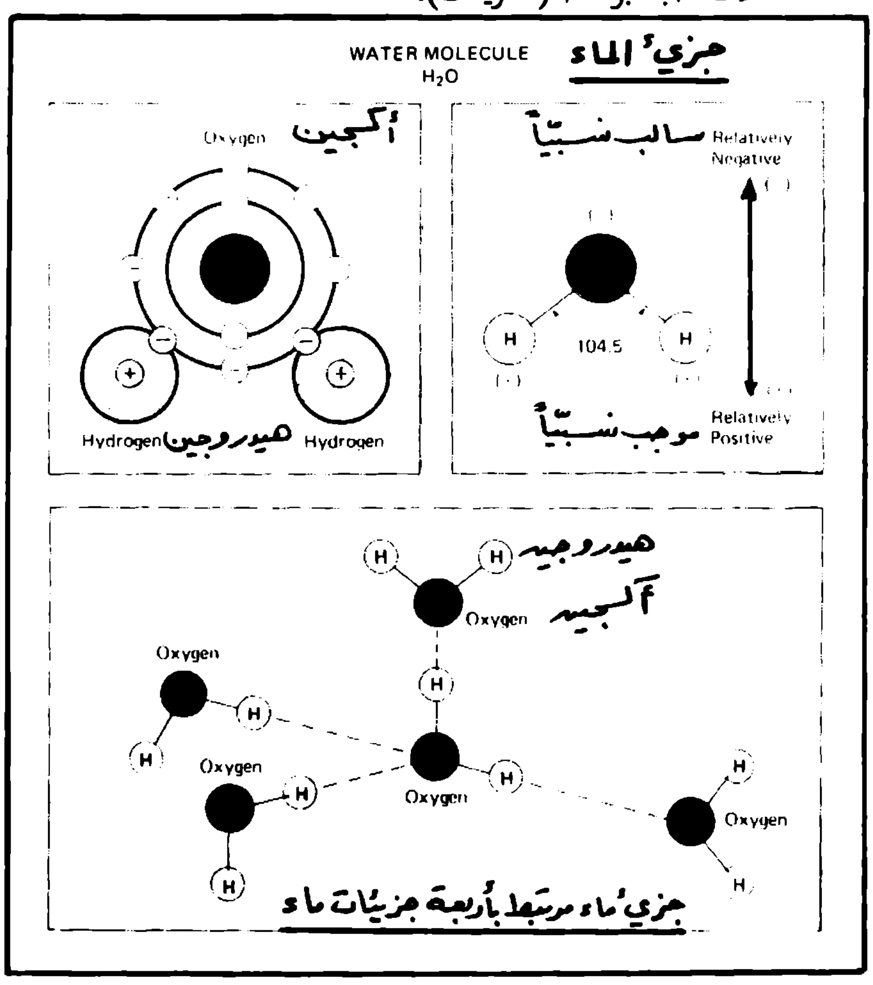
٧ - يساعد على حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة وبخاصة عند الكائنات الحية ذوات الدم الحار (الإنسان).

٨ - يساعد على التخلص من فضلات الجسم ، فيذيب المواد الضارة أو الزائدة ويطردها خارج الجسم على هيئة بول أو عرق ؛ كما يسهل خروج الفضلات الصلبة (البراز) للخارج .

٩ - يزداد حجم الماء عندما يتجمد فتقل كثافته ، مما يترتب على ذلك طفو الجليد وبالتالي عدم تجمد (موت) الكائنات الحية البحرية .

١٠ - مذيب لمعظم الجزيئات العضوية الصغيرة كما في عمليات التحلّل المائي - اضافة الماء Hydrolysis لتجزئة المركبات العضوية (الغذائية) إلى

وحداتها الأساسية . وبعملية عكسية ، تتحد مادتان – بفقدان الماءDehydration لتكوين المركبات العضوية في الجسم ، مع ملاحظة أنّ هذه التفاعلات تضبط بواسطة (الأنزيمات).



الشكل (٢-٦) جزيء الماء

٢ – الأملاح المعدنية Minerals

تشكل الأملاح المعدنية حوالي ١٪ من وزن البروتوبلازم في الجسم ؛ ويحصل الإنسان عليها غالباً مع الغذاء (والماء) والخضروات والفواكه الطازجة ومنتجات

الحيوانات الدهنية . ومن أهم الأملاح المعدنية ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم . وتوجد الأملاح المعدنية بصورة متأينة وبالتالي فهي مهمة في تركيب البروتوبلازم ، كما أنها مهمة في عمليات النمو والتكاثر والحفاظ على الصحة .

هذا ، وتوجد الأملاح المعدنية في خلايا الجسم على صورة محاليل مذابة فيها أيونات العناصر المكونة لها . ومن الأيونات الموجودة داخل بروتوبلازم الخلايا أيونات البوتاسيوم والفوسفات والكالسيوم والصوديوم . وهي (الأيونات) من خلال شحناتها الموجبة والسالبة تعمل على ما يلي :

أ – المحافظة على التوازن الأيوني في جسم الإنسان وبالتالي تؤثر على خواص البروتوبلازم الكيميائية والفيزيائية للخلية . فزيادة كمية أيونات الكالسيوم على سبيل المثال ، ينتج عنه تصلب سيتوبلازم الخلية وبالتالي انقباض (تقلص) خلايا ألياف العضلات . في حين زيادة كمية أيونات البوتاسيوم تقلل من تصلب ولزوجة سيتوبلازم الخلية وتساعد بالتالي على ارتخاء (انبساط) خلايا الألياف العضلية (العضلات) .

ب – تساعد على حفظ مستوى الضغط الأسموزي للخلية .

جـ – لها دور مهم في التوازن الحامضي والقاعدي (PH) للبروتوبلازم ، لأنّ اختلاف توازنها يعني توقف عمل الأنزيمات في الجسم مما يؤدي إلى هلاك الكائن الحي . هذا ، ومما يجدر ذكره أنّ هذا الإتزان (تنظيم الرقم الهيدروجيني PH) يمكن المحافظة عليه بواسطة ما يعرف بالمنظمات Buffers والتي (المنظمات) هي عبارة عن تفاعل أملاح معينة أو أحماض ضعيفة مع أحماض قوية وقواعد قوية لإنتاج أحماض وقواعد ضعيفة وأملاح وماء . فعلى سبيل المثال ، يحتوي الدم على منظمات من الكربونات المكونة من بايكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ والبوتاسيوم $KHCO_3$ ومن حامض الكربونيك – حامض ضعيف . وعليه ، إذا دخل حامض قوي كحامض الهيدروكلوريك HCl إلى الدم، فإنّ أملاح المنظم تحوله إلى حامض ضعيف لا يمكنه تخفيض الرقم

الهيدروجين PH مثلما يستطيع حامض HCl كما في المعادلة التالية :

$$NaHCO3 + HCl .... \rightarrow NaCl + H2CO3$$

مقابل ذلك ، عندما تدخل الدم قاعدة قوية كما في هيدروكسيد الصوديوم ، فإنّ حامض الكربونيك الموجود في المنظمات سيعمل على معادلتها وفق المعادلة التالية :

$$H2CO3 + NaOH .... \rightarrow NaHCO3 + H2O$$

وفي مياه البحار حيث تعيش فيها الكائنات الحية البحرية ، يُنظم الرقم الهيدروجيني عادة بواسطة البايكربونات إلى رقم هيدروجيني PHحوالي (١ر٨) وهو رقم هيدروجيني مناسب جداً لحياة الحيوانات البحرية والمحافظة على حياتها . ومن **الأملاح المعدنية** المهمة في **بروتوبلازم خلايا جسم الإنسان** نذكر ما يلي :

أ - أملاح الحديد ، والحديد مكوّن أساسي لهيموجلوبين الدم ؛ حيث تبيّن أن حوالي ٧٠٪ من الحديد موجود في الهيموجلوبين والباقي في الكبد . والهيموجلوبين ضروري جداً لحمل الأكسجين في الدم لتغذية خلايا الجسم من خلال التنفس الخلوي للخلايا .

ب - أملاح الكالسيوم ، وهي ضرورية لبناء العظام والأسنان وتجلط الدم لايقاف النزيف الدموي .

- أملاح الفسفور ، وتساعد مع الكالسيوم ، في بناء الهيكل العظمي والأسنان في (الإنسان) والكائنات الحية الأخرى .

جـ - اليود ، ويدخل في بناء مجموعة هرمونات الثيروكسين ومشتقاته التي تقوم بإفرازها الغدة الدرقية في الجسم . وقد تبيّن أنّ حوالي ٢٥٪ من يود الجسم موجود في الغدة الدرقية إذ يوجد بدرجة كبيرة في مكونات هرمونات الغدة الدرقية .

٣ - الغازات Gases

يحتوي بروتوبلازم الخلايا على بعض الغازات منها : (أ) غاز الأكسجين الذي يتم الحصول عليه بفعل عملية الشهيق (التنفس الهوائي) أو مع المواد الغذائية . وهو

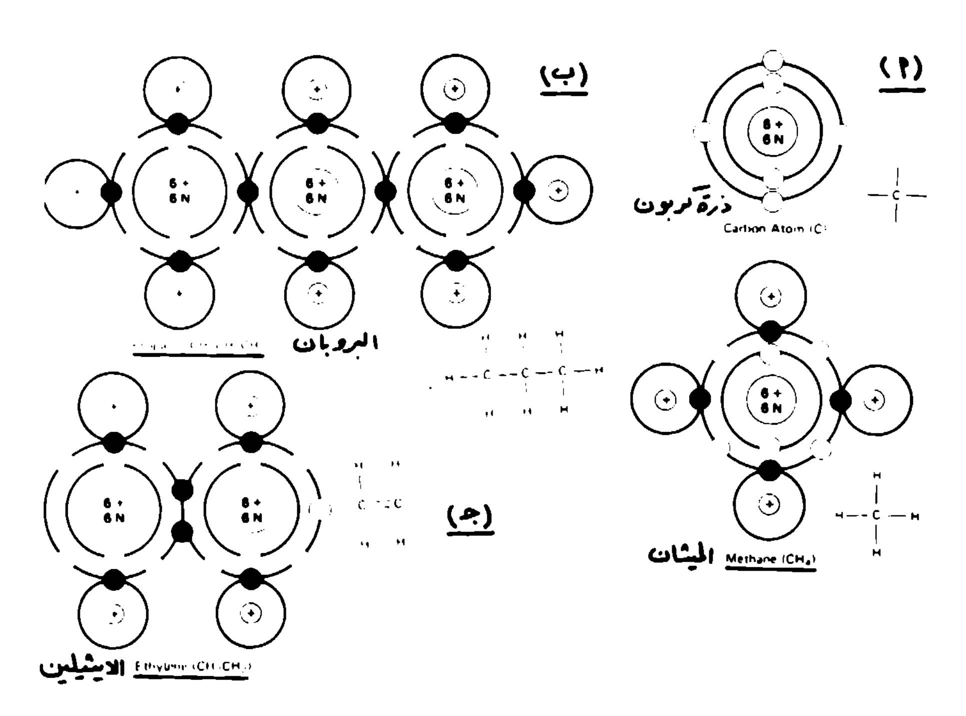
ضروري لعملية تأكسد الغذاء في خلايا الجسم (التنفس الخلوي) لإنتاج الطاقة وبالتالي القيام بالأعمال والنشاطات الحيوية المختلفة ، (ب) غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعتبر ناتجاً من نواتج عملية الأيض في الكائنات الحية . إلاّ أن أهميته الكبرى تظهر في النباتات والطحالب لضرورته في عملية البناء الضوئي لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية متمثلة في بناء المواد الكربوهيدراتية (السكرية) في الخلايا .

ثانياً : المركبات العضوية Organic compounds

ما المقصود بالمركب العضوي ؟ يطلق على المواد التي تحتوي على الكربون متحداً مع الهيدروجين أو الأكسجين (أو الإثنين معاً) مركبات عضوية . فأصلها (عضوية) توجد في الكائنات الحية ، أو تكونت بالأصل في كائنات حية . ومن الناحية الكيميائية ، تعتبر المركبات العضوية (خاملة) إلى حد كبير وبالتالي تمتاز بخاصية الثبات Stability.

ويعتبر عنصر الكربون من أهم هذه العناصر لأنه يتصف بصفات كيميائية تساعده في تكوين الجزيئات والمركبات (العضوية) المعقدة في بروتوبلازم الخلايا . ويختلف عنصر الكربون إلى حد ما عن عناصر أخرى ذكرت سابقا (كالصوديوم والكلور) من حيث أنه يحتاج إلى أربعة الكترونات ليكمل حلقته أو قشرته الخارجية ؛ فبدلاً من إطلاقه أربعة الكترونات أو حصوله على أربعة الكترونات ليصبح ذا شحنة كهربائية (كالأملاح مثلاً) ، فإنّه (الكربون) يحصل على هذه الإلكترونات (بالمشاركة) مع ذرات أخرى (الشكل ٢-٧) ؛ فالمركبات الكربونية تحتوي على روابط كيميائية تصل بين ذرات الكربون مع بعضها ومن ثم بين ذرات الكربون والهيدروجين كما في مركبات الميثان CH4 والإيثان CH3 CH3 والبروبان CH3 CH2 CH3 والإيثلينCH2 CH2 ... الخ . كما يمكن لذرات الكربون أن ترتبط مع ذرات الأكسجين (الكربوهيدرات) والنيتروجين (البروتينيات) .

هذا ، ويحتوي البروتوبلازم (مادة الحياة) على أربعة أنواع من المركبات العضوية لا توجد في غيرها من المواد غير الحية بصورة طبيعية وهي : المواد الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات (بما فيها الأنزيمات) والأحماض النووية (النيوكليوتيدات) . وفيما يلي شرح مختصر لهذه المركبات .



الشكل (٢-٧) التركيب الذري لكل من :

أ- الميثان ، ب- البروبان ، جـ- الإيثيلين

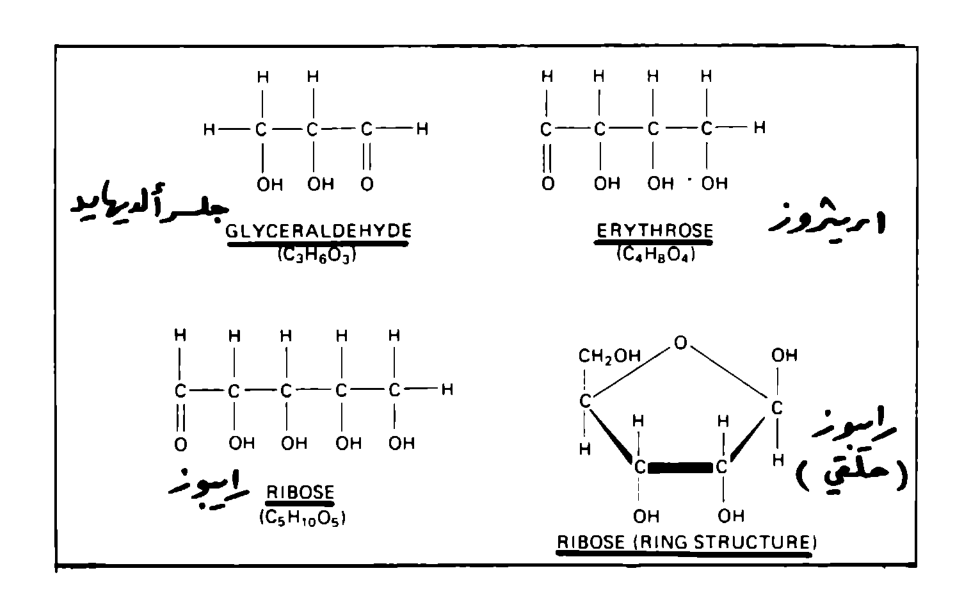
أولاً : الكربوهيدرات Carbohydrates

الكربوهيدرات مركبات عضوية (كربون وماء) تتألف من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين ، وتكون نسبة العنصرين الأخيرين (الهيدروجين والأكسجين) في الجزيء الواحد كنسبتهما في الماء (٢:١) . ويطلق على المواد الكربوهيدراتية اسم (المواد النشوية) ، أو السكرية . وهي مصدر أساسي للطاقة في الخلايا الحية . والكربوهيدرات شائعة كمواد غذائية مختزنة في النباتات والحيوانات والكائنات الحية الأخرى ، إذ توجد في النباتات كسيليولوز في جدر الخلايا النباتية

ونشا في البروتوبلازم . في حين توجد في الحيوانات بما فيه (الإنسان) على شكل جلايكوجين (نشا حيواني) في الكبد والعضلات .

تُقسم الكربوهيدرات إلى ثلاثة أنواع من المركبات العضوية هي :

١ – السكريات الأحادية Monosaccharides وهي أبسط أنواع السكريات؛ وتتكون كما يدل الإسم ، من جزيء واحد من السكر ؛ ويطلق عليها السكريات البسيطة لأنّها سكريات لا يمكن تحلّلها إلى نوع بسيط . كما تسمى (السكريات الأحادية) نسبة إلى عدد ذرات الكربون المكونة لهـــا ، وينتهي الإسم عـادة بالمقطـع (-ose) وهي كما يلي (الشكل ٢–٨) :



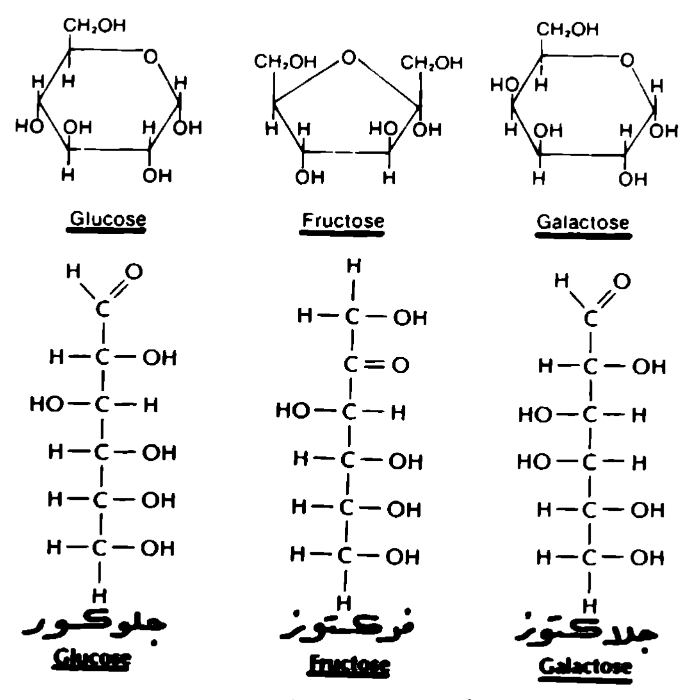
الشكل (٢–٨) : سكريات أحادية ثلاثية ورباعية وخماسية

أ – سكريات أحادية (ثلاثية) Trioses مكونة من ثلاث ذرات كربون كما في سكر جلسر الديهايد C3H6O3.

ب - سكريات أحادية (رباعية) Tetroses مكونة من أربع ذرات كربون كما في سكر اريثروز $C_4H_8O_4$.

جـ - سكريات أحادية (خماسية) Pentoses مكونة من خمس ذرات كربون كما في سكر الرايبوز $C_5H_{10}O_5$ الذي يدخل في تركيب الحامض النووي (RNA) وسكر ديوكسي رايبوز ناقص الأكسجين الذي يدخل في تركيب الحامض النووي (DNA) .

د - سكريات أحادية (سداسية) Hexoses مكونة من ست ذرات كربون كما في سكر الجلوكوز (العنب) وسكر الفركتوز (الفاكهة) وسكر الجلاكتوز (الشكل ٢-٩) . وأهم هذه السكريات الأحادية البسيطة من الناحية الوظيفية في خلايا الجسم هي السكريات الخماسية والسداسية الذرات الكربونية . فسكر الرايبوز الخماسي يدخل في تركيب الحامض النووي (RNA) وسكر الرايبوز ناقص الأكسجين (ديوكسي رايبوز)



الشكل (٢-٩) : سكريات سداسية

يدخل في تركيب الحامض النووي (DNA). وسكر الجلوكوز السداسي له علاقة مباشرة بتغيرات الطاقة في الخلية . وتتضح **أهمية السكريات** من الناحية الوظيفية في أنها تعتبر :

أ – المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة لقيام الكائن الحي بالعمليات الحيوية ، فعندما تحترق (تتأكسد) هذه السكريات باتحادها مع الأكسجين (في التنفس الخلوي) ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة حسب التفاعل الكيميائي المختصر التالي :

$$C_6 H_{12} O_6 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 686\ K . Cal .$$

ب – المادة الأساسية لبناء جزيئات ومركبات كيميائية أخرى ، حيث تعتبر (السكريات) أساسية لبناء مركبات كيميائية أخرى أكثر تعقيداً ؛ فهي نقطة بداية في سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية الحيوية . فالسكر المأخوذ مع الغذاء يتحول إلى جلايكوجين في كبد الإنسان ، وأنّ أي زيادة في كمية السكر / تتحول إلى مواد نشوية أو دهنية (دهون) تخزن في الجسم ، وكذلك الحال بالنسبة لبناء البروتينات والأحماض الأمينية بوجه عام .

٢ – السكريات الثنائية Disaccharides

تتكون السكريات الثنائية كما يدل الإسم ، من جزيئين من السكريات الأحادية بعد فقد جزيء واحد من الماء من خلال تفاعل كيميائي حيوي يعرف بنزع الماء . ويرمز للسكريات الثنائية بالرمز $C_{12} H_{22} O_{11}$ ويمكن أن يكون الجزيئان إما من نوع واحد من السكر أو من نوعين مختلفين من السكر . ومن السكريات الثنائية ما يلي (الشكل ٢–١٠):

أ– سكر السكروز Sucrose أو سكر القصب ، وهو السكر الشائع في معظم النباتات ومنه السكر (سكر المائدة) الذي نستخدمه يومياً في طعامنا . ويتكون سكر السكروز من إتحاد جزيء جلوكوز مع جزيء فركتوز بعد فقد جزيء الماء .

ب- سكر المالتوز Maltose أو سكر الشعير ، ويتكون من جزيئين من سكر الجلوكوز.

جـ-سكر اللاكتوز Lactose ، أو سكر الحليب ، ويتكون من إتحاد جزيء جلوكوز وجزيء جلاكتوز ، ويوجد (اللاكتوز) في الحليب الذي تفرزه الثدييات لتغذية صغارها بما فيها الانسان.

سكروز Sucrose

مالتوز Maltose

لاكتوز Lactose

الشكل (٢-١٠) : سكريات ثنائية

٣- السكريات المتعددة (عديدة التسكر) Polysaccharides

تتكون السكريات المتعددة من اتحاد جزيئات عديدة من السكريات الأحادية بعضها مع بعض بعد فقدان عدد من جزيئات الماء تبعاً لذلك . وقانونها الكيماوي $(C_6H_{10}O_5)_n$.وتتضح أهمية السكريات المتعددة في أنها : (أ) مصدر مناسب لانتاج الطاقة ، (ب) تخزن كمادة غذائية احتياطية كما في النشا النباتي والجلايكوجين الحيواني في الكبد والعضلات . ويوجد أربعة أنواع من السكريات المتعددة هي (الشكل ٢-١١) :

أ- **النشا** Starch يتكون (النشا) من جزيئات عديدة من سكر الجلوكوز يختلف عددها حسب التعقيد فقد يصل (٥٠٠) جزيء أو أكثر . والنشا

(النباتي) عادة (متفرع) من وحدات الجلوكوز خاص بالنباتات لا يذوب في الماء البارد ،إلاّ أنه يذوب في الماء الساخن بنسبة معينة . ومن أمثلة المواد النشوية التي نتناولها في الغذاء القمح(الخبز والكعك) ومشتقاته ، والرز والبطاطا والذرة ... الخ .

ب-**الجلايكوجين** **Glycogen** يتركب (الجلايكوجين) أو (النشا الحيواني) من وحدات مكررة من سكر الجلوكوز ، يختلف عددها لكنّها أقل من نظيرتها في النشا النباتي ؛ بالإضافة إلى أنه يختلف كيميائياً عن النشا بالطريقة أو (الرابطة) التي ترتبط بها جزيئات السكر (السداسي) . والجلايكوجين خاص بالحيوانات بما فيها (الإنسان) ، ولهذا يطلق عليه (النشا الحيواني) ويخزن عادة في الكبد وفي عضلات الإنسان .

جلايكوجين Glycogen

سيلولوز CELLULOSE

نشا STARCH

الشكل (٢-١١) : السكريات المتعددّة

جـ- **السليولوز** Cellulose ويتركب من وحدات أو جزيئات كثيرة جداً من سكر الجلوكوز وبهذا يختلف عن النشا والجلايكوجين ؛ فهو إذن معقد التركيب قد يصل عدد الجزيئات المكونة له ألفي جزيء أو أكثر ؛ كما يختلف أيضاً بالرابطة التي تربط هذه الجزيئات بعضها ببعض . ويوجد السليولوز في جدر الخلايا النباتية وهو بذلك مكون أساسي للجدار الخلوي النباتي فيعطيه قوة ومتانة . أمّا من الناحية الغذائية ، فالإنسان لا يستفيد منه إذ لا يستطيع هضمه (لماذا ؟) لكنه يعتبر منشطاً للجهاز الهضمي بوجه عام . أما بالنسبة لكائنات حية أخرى فيعتبر السليولوز غذاء جيداً لها ، حيث إنّ بعضها له القدرة على هضمه والإستفادة منه ؛ فالبكتيريا والفطريات وبعض الطلائعيات وعدد من المفصليات (السمك الفضي) تملك انزيمات خاصة يمكنها تحطيم السليولوز والإستفادة منه . أما بعض الحيوانات الأخرى كالماشية (الأبقار) والنمل الأبيض Termites وبعض الصراصير ، فلها القدرة على الإستفادة من السليولوز نظراً لأحتواء جهازها الهضمي على كائنات حية (كالبكتيريا مثلاً) تساعدها على تحطيم مادة السليولوز.

د- **الكايتن** Chitin وهو سكريات عديدة تدخل في تركيب الهيكل الخارجي لقبيلة الحيوانات المفصلية الأرجل كالحشرات والقشريات وغيرها . كما يدخل في تركيب جدر الخلايا الفطرية ، وبهذا يكسب الكائن الحي قوة وصلابة ومتانة . ويختلف (الكايتن) عن بقية السكريات المتعددة في أن عنصر النيتروجين يدخل في تركيبه الكيميائي .

هذا ، ولكي يستفيد الكائن الحي (الإنسان) من النشا النباتي أو الجلايكوجين الحيواني ، لا بد من تحليلها إلى مكوناتها الأساسية من جزيئات الجلوكوز . ويتم ذلك عن طريق القناة الهضمية بواسطة التحليل بالماء وبمساعدة (الانزيمات) ذات العلاقة . وعندئذ تمتص جزيئات الجلوكوز ، ويمكن أن تتحد مرة ثانية في جزيئات كبيرة من الجلايكوجين تختزن في الكبد أو العضلات كمصدر احتياطي للطاقة .

ثانياً : الدهون Lipids

الدهون مواد عضوية تتركب من عناصر الكربون والهيدروجين والاكسجين ، ولكن نسب الذرات يختلف عن نظيرتها في المواد الكربوهيدراتية . يتألف جزيء الدهن(الشكل ٢-١٢) من إتحاد ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية Fatty Acids مع جزيء واحد من الجلسرين Glycerol وذلك بعد فقدها الماء . وللدهون صفتان أساسيتان هما :

أ- غير متأينة (غير مستقطبة) Nonpolar ولهذا فهي عديمة الذوبان في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر .

ب- تحتوي على نسبة عالية من الروابط : كربون - هيدروجين أكثر من المركبات العضوية الأخرى ، ولهذا فهي تختزن كمية كبيرة من الطاقة إذا ما قورنت بالمركبات العضوية الأخرَى . **وتؤدي الدهون وظائف هامة في** الجسم منها ما يلي :

١- مصدر مُهم لإنتاج الطاقة .

٢-تشترك الدهون مع البروتينات في تركيب كثير من الأجزاء الخلوية كالغشاء الخلوي والشبكة الاندوبلازمية ... والميتوكندريا (الفصل الثالث) .

٣- يمكن تخزين الدهون في مناطق خاصة في الجسم الفائض منها عن حاجة الجسم ومن ثم استخدامها وقت الحاجة .

٤-ملء الفراغات الموجودة بين أعضاء الجسم وبذا تعمل كوسادة لها .

٥- الدهون حاملة للفيتامينات خاصة الفيتامنات القابلة للذوبان بالدهون .

٦- مادة عازلة تمنع فقد حرارة الجسم عن طريق الإشعاع والتوصيل.

توجد الدهون على عدة صور أو أشكال ؛ فمنها الشحوم ، والزيوت ، والشموع . أو قد تصنف على شكل دهون حيوانية وأخرى نباتية . والدهون الحيوانية غالباً ما تكون صلبة مشبعة في درجات الحرارة العادية ؛ أمّا الدهون النباتية فغالباً ما تكون سائلة غير مشبعة في درجات الحرارة العادية ؛ ولهذا توصف الأولى بالشحوم الحيوانية الصلبة والثانية بالزيوت النباتية السائلة .

$$
\begin{array}{lll}
\begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-OH \end{array} & HO-CH_2 & \begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-O-CH_2 \end{array} \\
\begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-OH \end{array} + & HO-CH \rightarrow & \begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-O-CH \end{array} + 3H_2O. \\
\begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-OH \end{array} & HO-CH_2 & \begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3(CH_2)_{16}-C-O-CH_2 \end{array}
\end{array}
$$

أحماض دهنية STEARIC ACID FATTY ACIDS جليرول GLYCEROL GLYCERINE TRISTEARIN FAT (دهن)

الشكل (٢-١٢) : جزيء دهون

ومن الزيوت النباتية المستخدمة عندنا زيت الزيتون ، وزيت الذرة ، وزيت الفستق ، وزيت فول الصويا ، وزيت عباد الشمس ، وزيت القطن . والدهون الحيوانية غالباً ما توجد في لحوم الحيوانات أو مشتقاتها كما في الزبدة والسمن ودهن الخراف والخنازير . أما الشموع فتدخل في تركيب الأعضاء الواقية للجسم أو تكون واقية للغطاء الخارجي كالجلد والفرو والريش وعلى أوراق وثمار النباتات الراقية وعلى الغطاء أو الهيكل الخارجي لبعض حيوانات مفصليات الأرجل .

ومن المواد الكيماوية التي تصنف مع الدهون الستيرويدات Steroids علماً بأنها لا تشبه الدهون من حيث تركيبها الكيماوي لكنها تصنف معها لاشتراكها بصفة أنها غير قابلة للذوبان في الماء (كالدهون) ، وتتكون من أربع حلقات كربونية . أما الكوليسترول Cholesterol فيُصنف مع الدهون الفسفورية Phospholipids التي تدخل في تركيب وبناء الأجهزة الخلوية ؛ والهرمونات الجنسية وهرمونات القشرة الكظرية كلها ستيرويدات ، وفي الجسم تتكون من الكوليسترول الذي يبنى ويركب في الكبد من الدهون المشبعة ويوجد عادة مع الغذاء كاللحوم والجبن وصفار البيض ، والتركيزات العالية منه تساهم في تصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم .

يتبيّن مما تقدم ، أنّ الدهون تماثل المواد الكربوهيدراتية من حيث إنّها تتألف من

عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين .إلا أنّها (الدهون) تختلف عن الكربوهيدرات في أنها : (أ) تحتوي على عدد أكبر من ذرات الكربون والهيدروجين ، (ب) تزود الجسم بطاقة أكثر لكل وحدة وزن وذلك لأنها قادرة على الاتحاد بعدد أكبر من ذرات الأكسجين في عملية التأكسد (التنفس) الخلوي (١ غم دهون يعطي ٩٫٣ سعراً كبيراً ؛ في حين ١ غم كربوهيدرات يعطي ٣٫٧٩ سعراً كبيراً) .

ثالثاً: البروتينات Proteins

البروتينات هي مواد عضوية توجد بوفرة في بروتوبلازم الخلية . وتعتبر المادة الأساسية البنائية لخلايا الجسم . وتتركب البروتينات من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين . كما قد تحتوي على عناصر أخرى كالكبريت والفسفور والحديد والمغنيسيوم والمنغنيز . ونسب مكونات البروتين الأساسية كما يلي :

أ- كربون ٥٠-٥٥٪ .

ب- أكسجين ٢٥-٣٠٪ .

جـ- نيتروجين ١٥-١٩٪ .

د- هيدروجين ٧٪ .

هـ- كبريت ٠٫٥-٢٫٥٪ .

و- عناصر أخرى بنسب ضئيلة جداً .

هذا ، ويوجد في الطبيعة مواد تحتوي على (نيتروجين) - عنصر أساسي في تركيب البروتينات ، إلاّ أنها غير بروتينية ، كما في : الكايتن (مواد كربوهيدراتية)، والأمونيا ، واليوريا ، وحامض اليوريك . ومن أمثلة البروتينات في جسم الإنسان نذكر ما يلي :

أ- الهيموجلوبين في الدم ، ووظيفته نقل الاكسجين .

ب- الميوسين في العضلات ، وله علاقة في انقباض العضلات .

جـ- الفيبرين في الدم ، وله علاقة بتجلط الدم .

د- الكيراتين في أظافر اليدين والرجلين ، وله وظيفة تركيبيّة لحماية أطراف الأصابع وجمالها .

هـ-الأنسولين ، هرمون يفرز من غدة البنكرس لتنظيم نسبة السكر في الدم.

و- الأميليز ، أنزيم تفرزه الغدد اللعابية والعصارة البنكرياسية لتحويل النشا إلى سكر.

تتركب البروتينات من وحدات بنائية تُسمى **الأحماض الأمينيّة** amino acids (الشكل ٢-١٣) . وأبسط هذه الأحماض الأمينية هو حامض الجلايسين Gly-cine. وعند اتحاد جزيئين من حامض الجلايسين مع بعضهما (أو حامض أميني مع آخر) يكون ما يعرف بثنائي الببتيد Dipeptide بعد فقد جزيء الماء .وإذا أضيف حامض آخر يتكون ما يعرف بثلاثي الببتيد Tripeptide. وإذا اتحدت أحماض أمينية كثيرة مع بعضها البعض يتكون ما يعرف بعديد الببتيد Polypeptide(ادرس الشكل ٢-١٤).

وعليه ، فإنّ البروتينات عبارة عن سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية مرتبطة بعضها ببعض بروابط ببتيدية بعد فقدان جزيئات الماء .

يدخل في تركيب البروتين حوالي ٢٠ حامضاً أمينياً أو أكثر قليلاً (٢٠- ٢٦ حامضاً حسب مصادر أخرى) . يمكن لهذه الحوامض أن تترتب بطرق مختلفة حسب نوع البروتين لتعطي صوراً وأشكالاً مختلفة من البروتينات ، وهي أشبة بأحرف اللغة التي تشكل عدداً لا حصر له من الكلمات . ونتيجة لذلك نجد أنّ بروتينات أي كائن حي تختلف عن بروتينات كائن حي آخر ، ولهذا عند نقل بروتين من جسم إلى آخر فإنّه يسبب تكوين ما يعرف بالأجسام المضادة . وعليه ، يجب مراعاة ذلك سواء عند نقل الدم من شخص لأخر أو عند زراعة الأنسجة أو الأعضاء في جسم الإنسان .

$NH_2—CH—COOH$ carboxyl
H

GLYCINE (gly)

amino $NH_2—CH—COOH$
CH_3

ALANINE (ala)

$NH_2—CH—COOH$
CH
CH_3 CH_3

VALINE (val)

$NH_2—CH—COOH$
$HC—CH_3$
CH_2
CH_3

ISOLEUCINE (ile)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
OH

SERINE (ser)

$NH_2—CH—COOH$
CH
CH_3 OH

THREONINE (thr)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
C
O NH_2

ASPARAGINE (asn)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH_2
$COOH$

GLUTAMIC ACID (glu)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
C C C
CH
HC C
CH
N C C
H H

TRYPTOPHAN (trp)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH
CH_3 CH_3

LEUCINE (leu)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH_2
C
O NH_2

GLUTAMINE (gln)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH_2
CH_2
CH_2
NH_2

LYSINE (lys)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH_2
CH_2
NH
CH
NH_2 NH_2

ARGININE (arg)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
C=CH
HN N
C
H

HISTIDINE (his)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
C
HC CH
HC CH
C
H

PHENYLALANINE (phe)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
C
HC CH
HC CH
C
OH

TYROSINE (tyr)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
$COOH$

ASPARTIC ACID (asp)

$NH—CH—COOH$
CH_2 CH_2
C
H_2

PROLINE (pro)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
SH

CYSTEINE (cys)

$NH_2—CH—COOH$
CH_2
CH_2
S
CH_3

METHIONINE (met)

الشكل (٢-١٣) : الأحماض الأمينيّة

R

alanine

R

arginine

R

R

A cystine

tyrosine

B peptide linkage

C part of polypeptide

الشكل (٢-١٤) : تكوين الروابط الببتيدية

تقسم الأحماض الأمينية إلى قسمين :

١- أحماض أمينية أساسية Essential وهي أحماض لا يستطيع الجسم تكوينها أو بناءها ولا يستطيع البقاء بدونها ؛ ولهذا لا بد من الحصول عليها من مصادر غذائية حيوانية أو نباتية وعددها حوالي ثمانية أحماض نذكر منها : لايسين Ly-sine، وليوسين Leucine ، وفالين Valinge .

٢- أحماض أمينية غير أساسية Nonessential وهي أحماض يستطيع الجسم تكوينها كمعظم الأحماض الأمينية ، ويمكن الحصول عليها أيضاً مع بروتينات الحيوان والنبات على السواء . وبوجه عام ، توجد الأحماض الأمينية الأساسية في مصادر البروتين الحيوانية ومشتقاتها ، في حين توجد الأحماض الأمينية غير الأساسية في بروتينات الحيوان والنبات . ولهذا فإنّ الأشخاص الذين يعيشون على الغذاء النباتي (النباتيون) لا بد من تناول المواد البروتينية الحيوانية من حين لأخر للحفاظ على مستوى صحي مناسب . وتختلف البروتينات عن المواد الكربوهيدراتية والدهنية في أن قدرة الجسم محدودة جداً على تخزين البروتينات ، وإن حدث يكون عادة في العضلات والكبد ، ولهذا لا بد للإنسان من تناول الغذاء البروتيني يومياً إذ من الصعب أن يتحمل الجسم نقصه في الغذاء . وكقاعدة عامة ، فإنّ الإنسان بحاجة إلى بروتين بشكل مستمر وبنسبة ١ غم / كغم من وزن الجسم . كما تختلف البروتينات في حساسيتها للتغير في درجة الحرارة ، فارتفاعها أو انخفاضها يسبب تكسر الروابط وبالتالي تغير طبيعة وشكل البروتين أو تخثرها أو ما يعرف بمسخ البروتين .

للبروتينات وظائف متعددة في الجسم منها ما يلي :

١- بناء خلايا وأنسجة الجسم إما للنمو أو لتجديد ما تلف منها .

٢- تشترك مع الدهون في بناء معظم الأجزاء الخلوية .

٣- تدخل في تكوين بعض المركبات الهامة في الجسم كالأنزيمات والهرمونات.

٤- للبروتينات دور مهم في بناء وهيكلية ووظيفة المادة الحية (البروتوبلازم) ؛ فهي ترتبط بجميع أطوار النشاطات البيوكيميائية والفيزيائية للخلية وذلك لأنها تدخل في تكوين (الأنزيمات) والهرمونات (البروتينية) .

٥- تستخدم لإنتاج الطاقة إذا ما دعت حاجة الجسم لذلك ، وبخاصة عند نفاد المواد الكربوهيدراتية والدهنية . وبناء عليه . فإنّ **كمية الطاقة الناتجة** من هذه المواد كما يلي :

أ- ١ غم من المواد الدهنية يعطي عند أكسدته ٣ر٩ سعراً كبيراً .

ب- ١ غم من المواد الكربوهيدراتية يعطي عند أكسدته ٧٩ر٣ سعراً كبيراً.

جـ- ١ غم من المواد البروتينية يعطي عند أكسدته ١٢ر٣ سعراً كبيراً .

هذا ، ويقترح بعض العلماء بأن نحصل على ٣٠٪ من طاقتنا من المواد الدهنية، وعلى ٥٥٪ من المواد الكربوهيدراتية وعلى ١٥٪ فقط من المواد البروتينية . وهذه نسب معقولة إذا ما علمنا أنّ ما يزيد على نصف الغذاء الذي نتناوله هو من المواد الكربوهيدراتية ثم الدهنية فالبروتينية . ومن المواد الغذائية التي تستخدم كمصدر مهم للبروتينات هي اللحوم على اختلاف أنواعها وأشكالها ومشتقات المصادر الحيوانية المختلفة كالبيض والجبن والحليب . وفي النباتات توجد البروتينات بكثرة في نباتات العائلة البقولية كالعدس والحمص والفول والفاصلوليا وفول الصويا ... ولهذا يُقال أنّ « العدس لحمة الفقير ».

مما تقدم ، وباختصار ، يمكن الإستنتاج بأنّ البروتينات تختلف عن الكربوهيدرات والدهون في عدة نقاط من أبرزها ما يلي :

أ- العناصر المكونة للبروتينات وبخاصة عنصر النيتروجين وبعض العناصر الأخرى كالكبريت والحديد .... الخ .

ب- الوحدات البنائية : هي الأحماض الأمينيّة (قارن ذلك بالمواد الكربوهيدراتية والدهنية).

جـ- وجود الروابط الببتيدية .

د- المادة الأساسية البنائية (وحدة البناء) لخلايا الجسم وأنسجته .

هـ- تحرر كمية قليلة نسبياً من الطاقة الحرارية مقارنة بالمواد الدهنية على سبيل المثال .

و- تتأثر بالحرارة وتتجمد ويختلف شكلها الطبيعي تبعاً لذلك .

ز- على درجة كبيرة من التخصص وبالتالي لا يوجد فردان (عدا التوائم المتطابقة) يحتويان على نفس الأنواع من البروتينات .

ح- تتسبب في تكوين ما يعرف (بالأجسام المضادة) عند دخول الجسم أو نقلها إلى كائن حي آخر .

ط- لها دور كبير في بيوكيمياء الخلية وبخاصة الأنزيمات البروتينية .

الأنزيمات Enzymes

الأنزيمات مواد عضوية ذات طبيعة بروتينية ، توجد في جميع الخلايا وتعمل على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية الحيوية في خلايا الجسم . وتفرز الأنزيمات من قبل الخلايا إلى مجرى الدم وإلى القناة الهضمية حتى تتفاعل كعوامل مساعدة Ca-taysits مع المواد الغذائية (الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية) وتحولها إلى وحداتها الأساسية لكل يسهل امتصاصها في الجسم والإستفادة منها . كما لها دور فاعل في ربط المركبات الكيميائية البسيطة لبناء مركبات كيميائية معقدة . وتسمى الأنزيمات التي تعمل داخل الخلية بالأنزيمات الداخلية Endoenzymes والتي تعمل خارج الخلية بالأنزيمات الخارجية Exoenzymes . كما تُسمى معظم الأنزيمات بإضافة المقطع (ase) على أسماء المواد المتخصصة لها . فعلى سبيل المثال ، الأنزيم المتخصص لهضم السكروز (تذكر السكريات تنتهي بالمقطع ose) يطلق عليه أنزيم السكريز Sucrase والمتخصص لهضم اللاكتوز (سكر الحليب) يطلق عليه أنزيم اللاكتيز Lactase . إلاّ أن هناك بعض الأنزيمات لا تزال تحمل اسمها القديم كما في انزيم البيسين والتربسين على سبيل المثال . ولفهم عمل الأنزيمات وأهميتها في بيوكيمياء الخلية ، نقدم فيما يلي بعض الملاحظات على **خصائص الأنزيمات** :

١- الأنزيمات مواد (بروتينية) متخصصة أو نوعية Specificity لمادة متفاعلة واحدة . وبعبارة أخرى ، كل أنزيم متخصص لمادة متفاعلة واحدة ولنوع معين من التفاعلات . فمثلاً ، هناك أنزيمات متخصصة (هاضمة) للمواد الكربوهيدراتية تسمى أنزيمات كربوهيدريز Carbohydrases وأخرى متخصصة (هاضمة) للمواد الدهنية وثالثة هاضمة للمواد البروتينية وهكذا دواليك .

٢- معظم الأنزيمات تتألف من جزئين : جزء (بروتيني) يتأثر بالحرارة ويسمى ابو أنزيم Apoenzyme والجزء الآخر (غير بروتيني) التركيب يرتبط بالجزء البروتيني كمجموعة بديلة Prosthetic group ويعرف بالأنزيم المساعد Coenzyme ؛ ولا يكون (الأنزيم) فاعلاً إلاّ بوجود الجزئين ويسمى عندئذ Holoenzyme .

٣- **تصنف الأنزيمات** بالنسبة لعملها إلى :

أ- أنزيمات تعمل داخل الخلية وتسمى الأنزيمات الداخلية .

ب- أنزيمات تعمل خارج الخلية وتسمى الأنزيمات الخارجية (كالأنزيمات الهاضمة) . وتسمى المادة التي يعمل الأنزيم عليها باسم المادة المتفاعلة أو المادة الأساس Substrate . هذا وتوجد الأنزيمات الداخلية بشكل فعال ضمن الخلية على عكس الأنزيمات الخارجية التي تعمل خارج الخلايا وبالتالي تفرز بشكل غير فعال (غير نشطة) . ولهذا لا بد من وجود مواد خاصة تنشطها؛ فمثلاً أنزيم الببسين يفرز كمادة غير نشطة (ببسينوجن) تتحول إلى أنزيم نشط بفعل حامض الهيدروكلوريك في المعدة .

٤- معظم تفاعلات الأنزيمات منعكسة ؛ فمثلاً ، تحت ظروف معينة تنفصل (تتحلّل) المادة إلى مادتين ؛ وتحت ظروف أخرى تتحد المادتان مكونتين المادة الأصلية . لذا فإنّ الأنزيمات تؤثر في سرعة التفاعلات الأساسية والتفاعلات العكسية .ولتوضيح ذلك على سبيل المثال ، أنزيم اللبياز Lipase

يساعد على تحلّل المواد الدهنية إلى وحداتها البنائية (الأحماض الدهنية والجلسيرول) ، كما يساعد نفس الأنزيم على بناء الدهون من مكوناتها الأساسية . والأنزيمات تعمل بوجه عام ، على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية وعلى بدء التفاعلات بين المواد التي ليس لها القدرة على بدء التفاعل من تلقاء نفسها ، إلاّ أنها تؤثر في أو نسبة المواد المتفاعلة أو في طبيعة نواتج التفاعل .

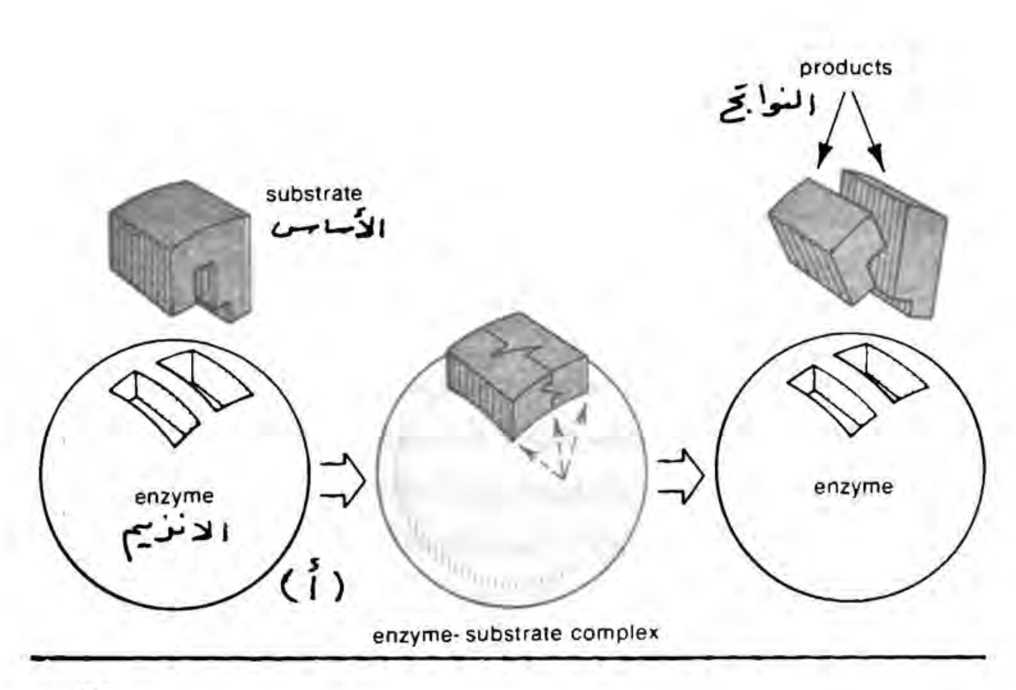
٥- يعتمد عمل بعض الأنزيمات على وجود بعض المواد الأخرى كما يحدث في تفاعل أملاح الصفراء وأنزيم الليباز عند هضم المواد الدهنية ؛ حيث تقوم أملاح الصفراء بتجزئة الدقائق الدهنية وتحويلها إلى مستحلب دهني ليزداد السطح المعرض من الدهون بفعل الأنزيم . كما تتطلب بعض الأنزيمات وجود بعض المواد الإضافية الأخرى كالفيتامينات كما في فيتامين الرايبوفلافين (مكون أساسي لحامل الإلكترون FAD) ، وبعضها يتطلب بعض آثار الأملاح المعدنية كالزنك والنحاس . ويطلق على مثل هذه المواد الضرورية لنشاط الأنزيمات بمساعدات الأنزيمات Coenzymes .

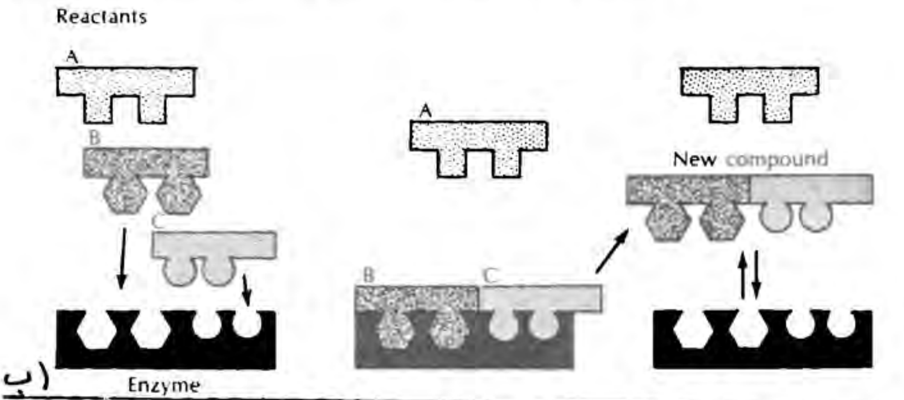
٦- يقوم عمل الأنزيمات على المبدأ العلمي المعروف **بنظرية القفل والمفتاح** Lock and Key theory حيث إنّ العلاقة بين الأنزيم والمادة المتفاعلة (الأساس) هي علاقة تخصصية كعلاقة المفتاح بالقفل (الشكل ٢-١٥) . ولهذا فإنّ التفاعل (أو الإتحاد) بين الأنزيم ومادته المتفاعلة ينبغي أن يتم بينهما بصورة محكمة . ولكي يعمل الأنزيم ، يجب أن يتحد (الأنزيم) كيميائياً مع جزيئات المادة الأساس فيتكون عندئذ ما يعرف (مركب الأنزيم والمادة المتفاعلة) وفق المعادلة التوضيحية التالية :

Substrate + Enzyme ---->Enzyme -substrate complex --->Products+ Enzyme

وبالرموز:

S+E ------>ES ---->P+E





الشكل (٢-١٥) : نظرية القفل والمفتاح

أ- يعمل الأنزيم على فصل المادة المتفاعلة إلى مادتين

ب- يعمل الأنزيم على بناء مادة واحدة من مادتين

وهذا الإتحاد يفترض أن تكون جزيئات الأنزيم والمادة المتفاعلة (الأساس) مكملة إحداهما للأخرى من حيث الشكل (لاحظ الشكل ٢-١٥) مما يفسر خاصية تخصص الأنزيمات . ولهذا فإنّ لكل مادة متفاعلة شكلاً مميزاً عن غيرها

وبالتالي تحتاج إلى أنزيم خاص متميز أيضاً . وبعد ذلك ، يتحلل (مركب الأنزيم والمادة المتفاعلة) إلى نواتج التفاعل Products والأنزيم . ومن هنا تُستخدم الأنزيمات بالتفاعلات الكيميائية الحيوية ولا تُستهلك .

٧- **تؤثر في نشاط الأنزيمات وفاعليتها** عوامل متعددة منها ما يلي :

أ- درجة الحرارة ، تزداد سرعة التفاعلات البيوكيميائية التي تساهم فيها الأنزيمات كعوامل مساعدة بازدياد درجة الحرارة حتى حد معين (تذكر أنّ الطاقة الحركية للجزيئات تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة) . إلاّ أنّ الأنزيمات تتأثر كثيراً بارتفاع درجة الحرارة عن الحد الأمثل لعملها ، وبالتالي تفقد كثير من الأنزيمات قدرتها إذا سخنت إلى درجة حرارة (٤٠) درجة مئوية أو (٥٠) درجة مئوية (لاحظ ماذا يحدث للبيضة عند قليها أو سلقها) . وهذا يمكن أن يكون أحد الأسباب في موت كثير من الحيوانات عند درجات الحرارة المرتفعة السابقة . وقد يرجع ذلك إلى تكسر الروابط الهيدورجينية بسهولة أكبر مما يؤدي إلى تحوير تركيب الأنزيم وتغيير شكله فيما يعرف بتغيير طبيعته (شكله) أو مسخ الأنزيم Denaturation .

ب- درجة (رقم) الحموضة PH ، كل نوع من الأنزيمات تصل فاعليته ونشاطه إلى أقصى حد عند رقم هيدروجيني محدد (ودرجة حرارة محددة بالطبع) . فعلى سبيل المثال ، أحسن رقم هيدروجيني يعمل فيه أنزيم البيسين حوالي (٥ر١) - حامض في المعدة ؛ ولأنزيم التربسين حوالي (٧-٦ر٨) - قلوي ضعيف في الأمعاء ؛ ولأنزيم الأميليز حوالي (٦-٧) في الفم وهكذا دواليك .

جـ- تركيز الأنزيم ، يوثر تركيز الأنزيم على فاعليته ونشاطه؛ فإذا كانت الظروف مثالية والمادة المتفاعلة متوافرة بكميات فائضة ، فإنّ عمل الأنزيم وسرعة التفاعل تعتمد على توافر جزيئات الأنزيم نفسه . في حين إذا لم تتوافر كميات كافية من جزيئات الأنزيم فإنّ التفاعل الكيميائي الحيوي يستغرق وقتاً أطول مما لو توافرت جزيئات أكثر منه .

د- تركيز المادة المتفاعلة (الأساس) ، تزداد سرعة التفاعل وعمل الأنزيم بازدياد تركيز المادة المتفاعلة وذلك بافتراض وجود كمية مناسبة من الأنزيم .

هـ- المواد الكيميائية المثبطة ، وجود (أو عدم وجود) بعض المواد الكيميائية تؤثر في فاعلية الأنزيم وعمله . فقد تبيّن أن هناك بعض المواد الكيميائية التي يمكن أن تتحد (أو تمنع) عمل الأنزيم بطريقة أو أخرى . فقد تكون بعض المواد الكيميائية (المثبطة) مماثلة (من الناحية الكيميائية) للمادة المتفاعلة (الأساس) وبالتالي ترتبط بالمواقع الفعالة في الأنزيم فتمنع عندئذ التفاعل بين الأنزيم ومادته المتفاعلة . كما قد ترتبط المادة الكيميائية (المثبطة) بالأنزيم في موضع غير فعال وبالتالي تغير من (شكله) وعلاقته بمادته المتفاعلة .

رابعاً : الأحماض النووية Nucleic Acids

الأحماض النووية جزيئات (مركبات) عضوية معقدة ، مسؤولة عن فعاليات العمليات الحيوية الأساسية للكائنات الحية . ولهذا فإنّ جميع الكائنات الحية لها نصيبها من هذه الأحماض . وهي متماثلة كثيراً من حيث الأساس في جميع أشكال الحياة . وهي توجد في نواة الخلية (ومن هنا جاءت التسمية) وفي أجزاء أخرى من الخلية . وقد درس ويدرس بنيانها الكيميائي المفصل حديثاً ، وبينت نتائج البحوث أنها تتركب من وحدات جزيئية (بنائية) بسيطة يكمن فيها سر أهميتها .
وتعرف الوحدة (البنائية) الأساسية للحامض النووي بالنيوكليوتيد Nucleotide.

ويتألف الحامض النووي من عدد كبير من وحدات النيوكليوتيدات ؛ وتتألف كل **وحدة نيوكليوتيد** من ثلاثة أنواع من الجزيئات هي (الشكل ٢-١٦) :

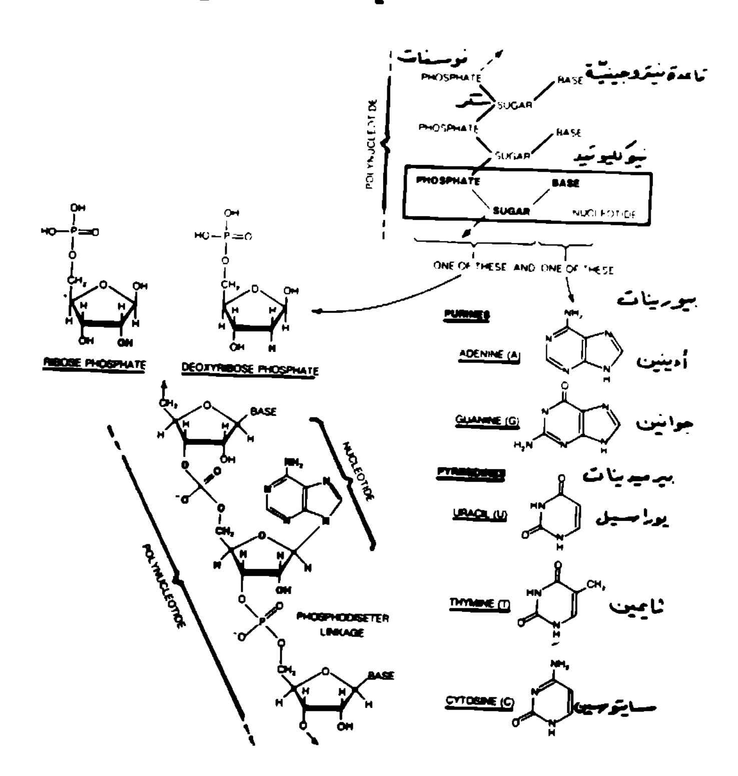
١- قاعدة نيتروجينية Nitrogen base (N) وهي مركبات حلقية تحتوي على عنصر النيتروجين ، وتعتبر من أهم الجزيئات المكونة لسلاسل الأحماض النووية . وتنقسم إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

أ- بيورينات Purines وتتركب من حلقتين ، وتضم :أدنين (Adenine (A وجوانين (Guanine(G .

ب- بيرميدينات Pyrimidines وتتركب من حلقة واحدة ، وتضم : الثايمين (T) والسايتوسين (C) واليوراسيل (U) Uracil.

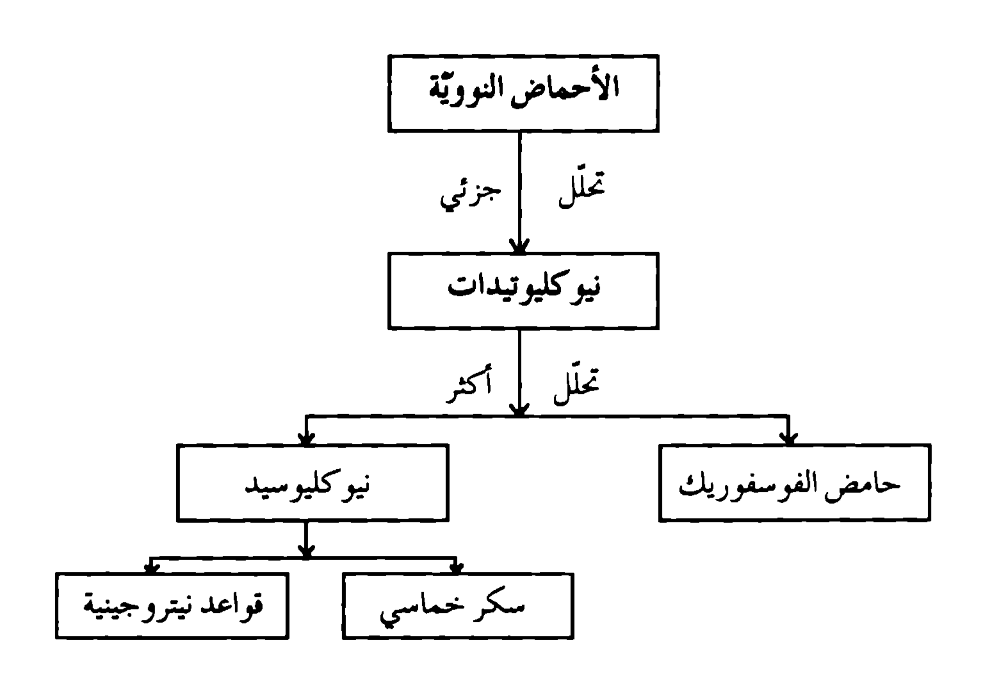
٢- جزيء حامض الفوسفوريك Phosphoric acid ويشتق منه مجموعة الفوسفات (PO4) وتمثل بالحرف (P) وتربط بين مجموعات السكر في سلاسل الأحماض الأمينية.

٣- جزيء السكر الخماسي Pentose Sugar ويكون السكر الخماسي إمّا سكر الرايبوز Ribose أو سكر الرايبوز اللاأكسجيني (ناقص الأكسجين) Deoxyribose ويقوم السكر بربط القاعدة النيتروجينية ومجموعة الفوسفات الداخلية في تركيب سلاسل الأحماض النووية.



الشكل (٢-١٦) : مكونات الأحماض النووية

هذا وعند تحليل وحدة نيوكليوتيد فإنها تتحلل وتتكسر إلى جزيئات أصغر تسمى : بالنيوكليوسيدات Nucleosides وحامض الفوسفوريك . وعند معاملة النيوكليوسيد مع عوامل محلّلة أقوى ، فإنّها تتحلل إلى سكر خماسي الكربون وقواعد غنية بالنيتروجين كما هو موضح تالياً :



أنواع الأحماض النووية :

يوجد نوعان من الأحماض النووية هما :

الأول : الحامض النووي الرايبوزي اللاأكسجيني

Deoxyribonucleic Acid (DNA)

يعرف هذا الحامض المشهور عالمياً اختصاراً ب(DNA) . وهو يوجد في

نواة الخلية وبعض الأجزاء الخلوية كالميتوكندريا . وبشكل أكثر تحديداً ، يوجد في كروموسومات الخلية وهو بالتالي (المادة الوراثية) التي تتحكم في وراثة الكائنات الحية .

يتركب حامض (أو جزيء) – DNA من سلسلتين (جديلتين) متقابلتين غير متماثلتين ولكنهما متكاملتان Complementary من وحدات كثيرة من النيوكليوتيدات قد يصل عددها في الحامض مئتي ألف مرتبطة مع بعضها بشكل سلسلة أو جديلة . هذا ، وعلى الرغم أنّ هناك أربعة أنواع مختلفة من هذه القواعد التي تدخل في تركيب DNA ، إلاّ أنّها تختلف تبعاً لإختلاف تكرار تنظيم هذه النيوكليوتيدات في الحامض النووي . ويتركب الْ DNA من سلسلتين (أو جديلتين) متقابلتين من النيوكليوتيدات ترتبطان بروابط هيدروجينية H-bonds بين القواعد النيتروجينية المكونة لها والتي تضم ما يلي (الشكل ٢–١٧) :

أ– أدنين (A) يرتبط مع الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين (A=T).

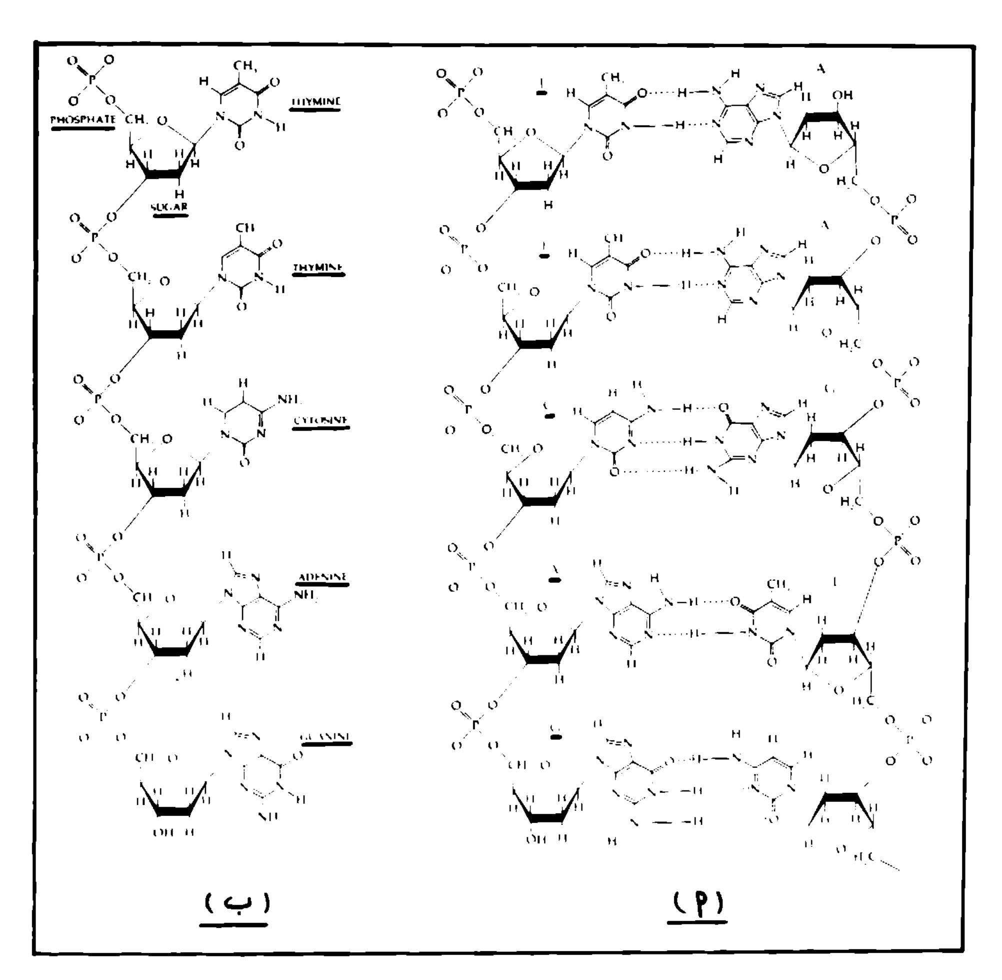
ب–جوانين(G) يرتبط مع السايتوسين (C) بثلاث روابط هيدروجينية (G≡C) .

وكل وحدة من وحدات النيوكليوتيد المكونة لحامض DNA تتركب من الجزيئات التالية :

أ– جزيء سكر الرايبوز اللاأكسجيني ويمثل بالرمز (S) أو (PS) .

ب– مجموعة الفوسفات ويرمز لها بالرمز (P) .

جـ– قاعدة نيتروجينية ويرمز لها بالرمز (N) أو (NB) وهي كماذكر سابقاً: أدنين (A) وثايمين (T) وجوانين (G) وسايتوسين(C) .

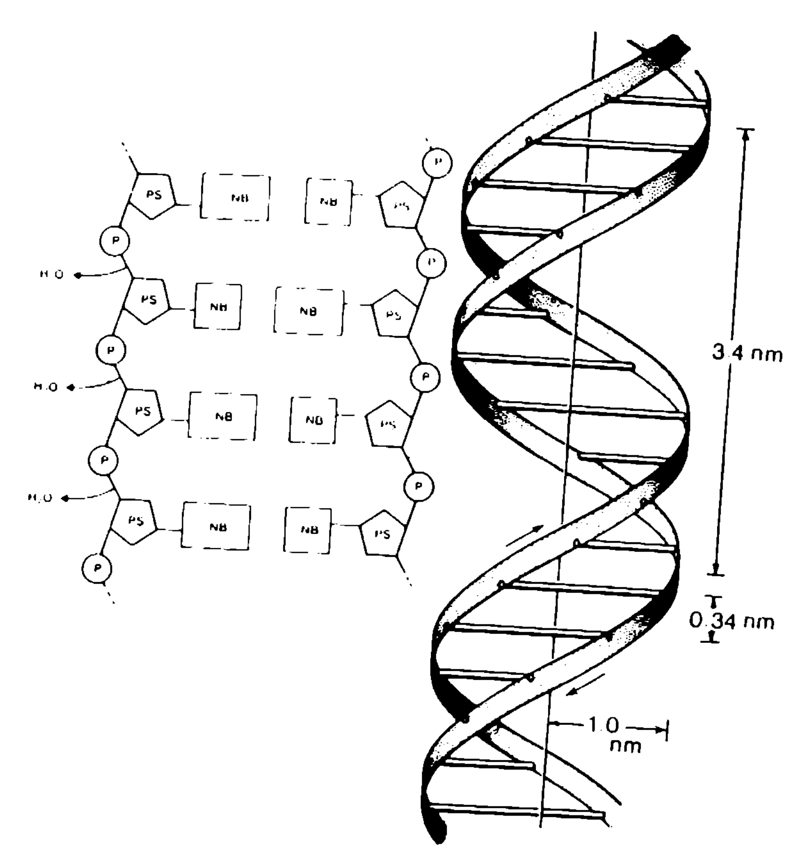


الشكل (٢-١٧) : جزيء حامض DNA

أ- سلسلتا حامض DNA

ب- سلسلة واحدة لحامض DNA

هذا ، وقد اقترح العالمان كريك – واتسون عام ١٩٥٣ تركيب DNA وصمما نموذجاً عرف باسمهما (نموذج كريك – واتسون Crick - Watson) حيث يتألف DNA من سلسلتين (جديلتين) ملتفتين (الشكل ٢-١٨) Double Helix الواحدة ملتفة حول الأخرى بشكل حلزوني (سلم لولبي) وبطريقة



الشكل (٢-١٨) : النموذج الحلزوني لحامض DNA

منتظمة بحيث تضم كل سلسلة ضمن كل طيه من طيات الإلتفاف عشر نيوكليوتيدات. وتتقابل القواعد النيتروجينية (البيورينات) مع نظيراتها (البيرميدينات). وترتبط كل قاعدة نيتروجينية بجزيء سكر، ويرتبط (السكر) بمجموعة الفوسفات على السلسلة الواحدة.

ولقد تبيّن أنّ التركيب الكيميائي لحامض DNA وعلاقته بالمادة الوراثية للكائنات الحية، يوحي بأهميته الكبيرة في الخلية وقدرته على القيام بالوظائف التالية :

١- حامض (جزيء) DNA هو المادة المكونة للجزيئات الوراثية والتي تحمل الصفات الوراثية للكائن الحي وتنقلها من جيل إلى جيل. ولتحقيق ذلك، فإنّ له القدرة على التضاعف (أو الإنقسام) DNA Replication أثناء

عملية انقسام الخلية وبالتالي يكون لكل خلية جديدة نفس العدد من جزيئات DNA المتواجدة ضمن الجينات الوراثية .

٢- تكوين (بناء) البروتينات Protein synthesis وذلك من خلال امداد الخلية بالمعلومات اللازمة لبناء البروتينات وتكوينها من خلال شيفرة وراثية على شكل جزيء الحامض النووي (RNA) . وعليه ، فإنّ حدوث أي خلل أو استبدال قاعدة بقاعدة أخرى على مستوى (DNA) فإنّ ذلك سيؤدي إلى ما يعرف (بالطفرات) التي ينتج عنها صفات جديدة قد تكون مرغوبة أو غير مرغوبة للكائن الحي . وباختصار ، يمكن تلخيص إحدى الظواهر الأساسية في البيولوجيا بالمخطط التالي :

ترجمة استنساخ

تضاعف DNA ← RNA الرسول ← بروتينات

Translation Transcription Replication

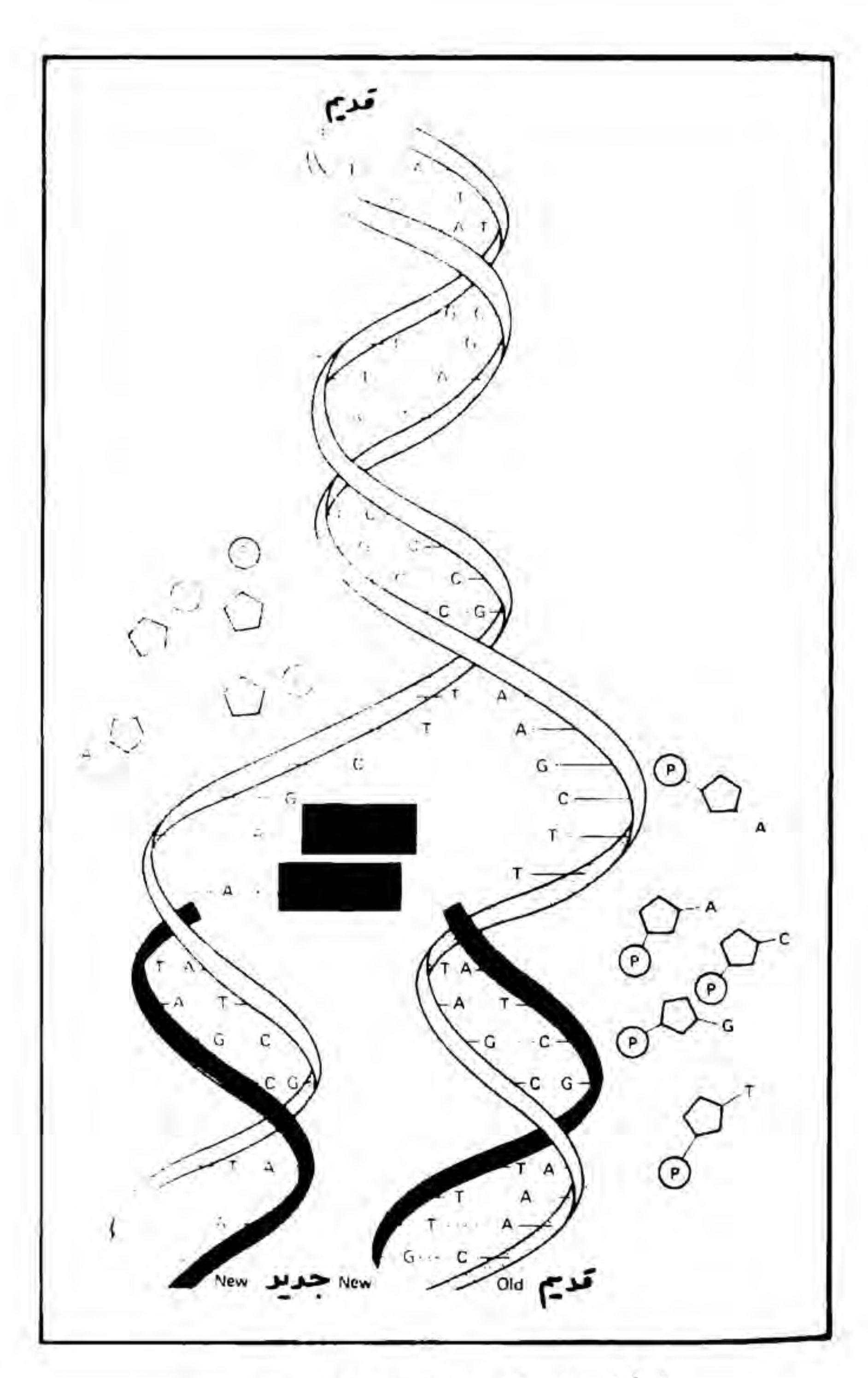
هذا ، ويتم تضاعف DNA عن طريق انفصال قواعد السلسلتين عن بعضهما (الشكل ٢-١٩). وبعد الإنفصال ، ترتبط قواعد النيوكليوتيدات على السلسلتين مع نيوكليوتيدات جديدة حرّة مصدرها السيتوبلازم وتكوّن روابط هيدروجينية جديدة . فالأدينين (A) على السلسلة يرتبط مع الثايمين (T) الحر (من السيتوبلازم) ؛ في حين الثايمين في السلسلة القديمة سيرتبط بالأدنين الحر وهكذا دواليك .وينسحب نفس الشيء على ارتباط الجوانين (G) بالسايتوسين (C) . وأثناء عملية التضاعف هذه ، يرافق إضافة النيوكليوتيدات ارتباطها مع سابقتها بواسطة جزيء السكر (S) وجزيء مجموعة الفوسفات (P) . وبهذا تتكون جزيئات جديدة من حامض DNA .

الثاني : الحامض النووي الرايبوزي Ribonucleic acid(RNA)

يتألف الحامض RNA من سلسلة واحدة من وحدات كثيرة من النيوكليوتيدات ذات ترتيب معين للقواعد النيتروجينية بأمر من الحامض النووي (DNA) . وتتألف كل وحدة نيوكليوتيد في (RNA) من الجزيئات التالية (الشكل ٢-٢٠) :

أ- جزيء سكر الرايبوز .

ب- مجموعة الفوسفات .



الشكل (٢-١٩) : تضاعف حامض DNA

جـ- قاعدة نيتروجينية من القواعد التالية : أدينين (A) وسايتوسين (C) وجوانين (G) واليوراسيل (U) الذي يحل محله الثايمين (T) . وعليه ، يمكن الإستنتاج بأنّ الحامض النووي (RNA) **يختلــف** عن الحامــض (DNA) بما يلي (ادرس الشكل ٢-٢٠) :

١- **عدد السلاسل** ، يتركب حامض DNA من سلسلتين من النيوكليوتيدات مقابل سلسلة واحدة في حامض (RNA) .

٢-**القواعدالنيتروجينية** ، يحتوي كل من الحامض (DNA) و (RNA) على القواعد النيتروجينية : (A) و (C) و (G) ؛ ولكن بدلاً من (T) في DNA

الشكل (٢-٢٠) : تركيب حامض RNA ومقارنته بحامض DNA

يوجد (U) في RNA. وعليه ، يكون ارتباط القواعد النيتروجينية في الحامضين كما يلي :

أ- حامض DNA: (A) مع (T) و (G) مع (C) .

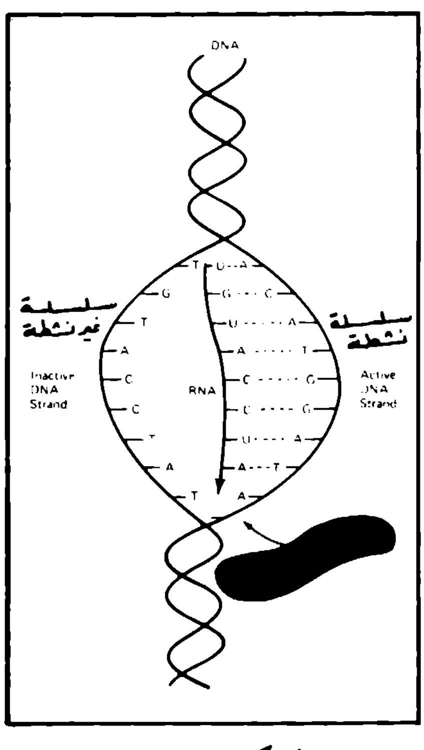
ب- حامض RNA : (A) مع (U) و (G) مع (C) .

٣- **نوع السكر** ، يحتوي حامض DNA على السكر الرايبوزي (الخماسي) اللاأكسجيني (ناقص الأكسجين) ، في حين يحتوي حامض RNA على سكر الرايبوزي (الخماسي) .

٤- **أنواع الحامض** ، هناك نوع واحد من حيث المبدأ من حامض DNA ، بينما توجد ثلاثة أنواع معروفة من RNA في الخلية لكل منها وظيفة معينة وتتعاون جميعاً لصنع بروتينات الخلية وهي :

أ- حامض RNA الرسول (m RNA) ، وينقل الشيفرة الوراثية (Genetic code) من جزيء DNA في النواة ، عبر ثقوب الغلاف النووي ، إلى عضيّات الرايبوسومات الموجودة في سيتوبلازم الخلية . والجدير بالذكر ، أنّ عملية تكوين هذا الحامض (RNA الرسول) تماثل طريقة تضاعف DNA وهي في الواقع مجموعة نيوكليوتيدات ترتبط مع بعضها بشكل سلسلة بحيث أنّ القاعدة جوانين في سلسلة نشطة واحدة من DNA تقابلها في الحامض (الرسول) السايتوسين ، والأدينين يقابله اليوارسيل (الشكل ٢-٢١). والأنزيم الذي يساعد في تكوين الحامض (الرسول) يُسمى RNA Polymerase . كما تعرف عملية تكوين سلسلة حامـض (mRNA) بعملية نقل المعلومات الوراثية من DNA إلى RNA بعملية الإستنساخ .

ب- حامض RNA الناقل (t RNA) Transfer RNA وينقل كل حامض من هذه الحوامض الناقلة حامضاً أمينياً واحداً من الأحماض الأمينية الموجودة في السيتوبلازم إلى الرايبوسومات لبناء البروتينات أو الأنزيمات. ولكل جزيء (tRNA) أربعة مواقع هي:



الشكل(٢-٢١)

تكوين حامض RNA الرسول من سلسلة نشطة لحامض DNA

أ - موقع لاتصال الحامض الرايبوزي الناقل بالحامض الأميني .

ب - موقع لربط الأنزيم المنشط .

جـ - موقع ربط بالرايبوسوم .

د - موقع لربط جزيئات mRNA ، ويتألف من ثلاث قواعد نيتروجينية فقط تسمى انتكودون (anticodon) .

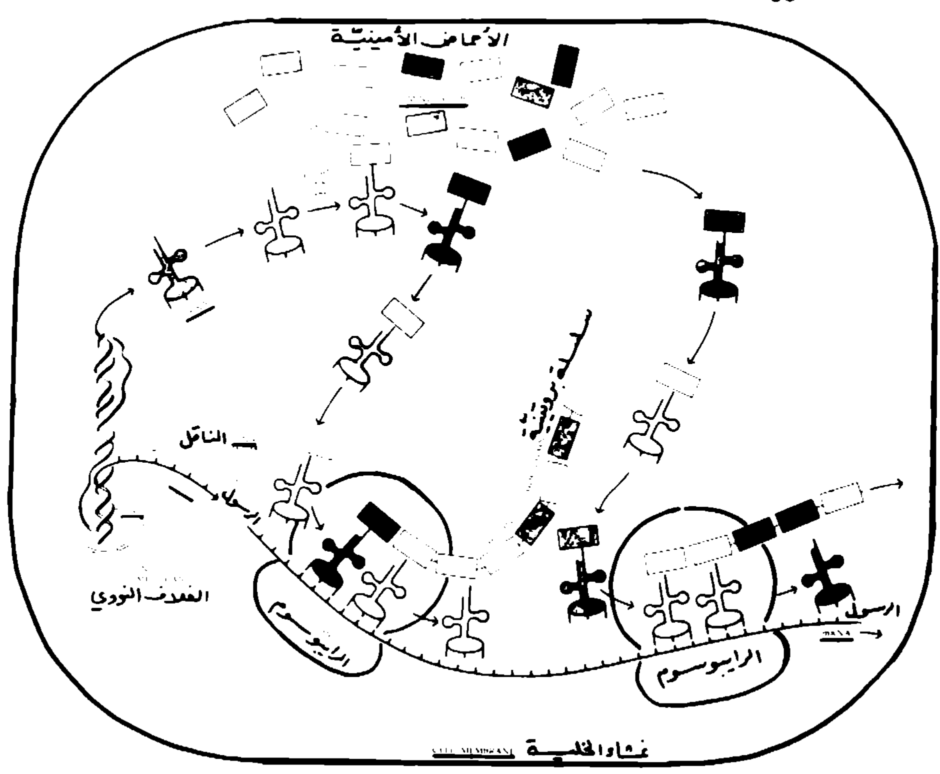
جـ - حامض RNA الرايبوسومي (rRNA) Ribosomal RNA ويدخل هذا الحامض في تركيب عضيات الرايبوسومات في الخلية التي تقوم بدورها بترجمة الشيفرة الوراثية على الحامض الرسول (mRNA) وتطبيق ما جاء فيها في بناء البروتينات (والأنزيمات) . هذا بالاضافة إلى نوع رابع RNA هو : (gRNA) الذي يوجد في بعض الفيروسات

ويستطيع مضاعفة نفسه .

بناء البروتينات Protein synthesis

يتضح مما تقدم ، أن الجزيئات التي تدخل في بناء البروتينات (الشكل ٢-٢٢) في الخلية ما يلي :

١ - حامض DNA الذي يحتوي في الأصل على الشيفرة اللازمة لبناء بروتينات الخلية ، إلاّ أنه قبل أن يتم بناء البروتين يتكون أولاً جزيء متمم من الحامض (mRNA) كما سبق أن ذكر ، مع ملاحظة أنّ القاعدة (U) تحل محل (T) في جزيء RNA ، والذي (mRNA) ينتقل من النواة (خلال ثقوب الغلاف النووي) إلى الرايبوسومات لتترجم الرسالة التي يحملها بطريقة خاصة تسمح بارتباط جزيئات الأحماض الأمينية بعضها مع بعض لتكوين السلاسل البروتينية.



الشكل (٢-٢٢) : عملية بناء البروتينات

٢ – جزيئات RNA الثلاثة التي ذكرت آنفاً ، ومن خلال التفاعلات البيوكيميائية المعقدة للأحماض الثلاثة ، تُبنى البروتينات على الرايبوسومات في سيتوبلازم الخلية من وحداتها البنائية وهي الأحماض الأمينية .

٣ – الرايبوسومات الموجودة في سيتوبلازم الخلية .

٤ – الأحماض الأمينية الموجودة في سيتوبلازم الخلية . حيث تلتقط الجزيئات الصغيرة للحامض (t RNA) أحماضاً أمينية مفردة موجودة في السيتوبلازم ويكون هذا الإلتقاط نوعياً ، بمعنى أنّ كل حامض (t RNA) يلتقط حامضاً أمينياً خاصاً وبفعل أنزيمات خاصة . هذا ، وتتحرك الرايبوسومات المرتبطة بالحامض t RNA وأحماضه الأمينية المرتبطة على طول الحامض الرسول (m RNA) . ويزداد عدد الأحماض الأمينية المناسبة المرتبطة مع بعضها ومع الحامض (t RNA) . وأخيراً ، يتحرر جزيء البروتين (السلسة البروتينية) المتكون ويبتعد عن الرايبوسوم وعن الحامض (t RNA) وذلك من خلال إشارة خاصة (T) تُنهي تكوين السلسلة البروتينية كتلك الإشارة التي تعمل على بدء الإشارة لبناء البروتينات (الشكل ٢–٢٣) . والشكل (٢–٢٣) يلخص الشيفرة الوراثية في تضاعف مركب DNA والاستنساخ والترجمة . كما يبيّن (الشكل ٢–٢٣) الشيفرة الوراثية التي تتكون من (٦٤) مجموعة ثلاثية، وكل مجموعة تؤلف شيفرة حامض أميني معيّن كما وجدت في RNA الناقل (t RNA) .

حاملات الطاقة Energy Carriers

يتبيّن مما تقدم ، أنّ جزيئات النيوكليوتيدات تتضح أهميتها في أنها تدخل في بناء الأحماض النووية . بالإضافة إلى ذلك ، فإنّ لها أهمية كبرى في بيوكيمياء الخلية تتمثل في أنها حاملات الطاقة ، إذ تحتوي بعض (النيوكليوتيدات) على روابط كيميائية خاصة تخزن كميات كبيرة من الطاقة . ولهذا فإن تحلّل المركب يؤدي إلى انطلاق الطاقة من هذه الروابط لتمد خلايا الكائن الحي (الإنسان) بالطاقة اللازمة للقيام بالنشاطات الحيوية المختلفة من نمو وصيانة واصلاح وحركة واخراج وتكاثر ... الخ .

A

PROTEIN	← translation	RNA	← transcription	DNA	replication →	DNA	replication →
ARG*		C G U**		G C A		C G T	
PHE		U U U		A A A		T T T	
SER	CODON {	U1 C2 U3		A G A		T C T	
TYR		U A C		A T G		T A C	
GLY		G G A		C C T		G G A	

B

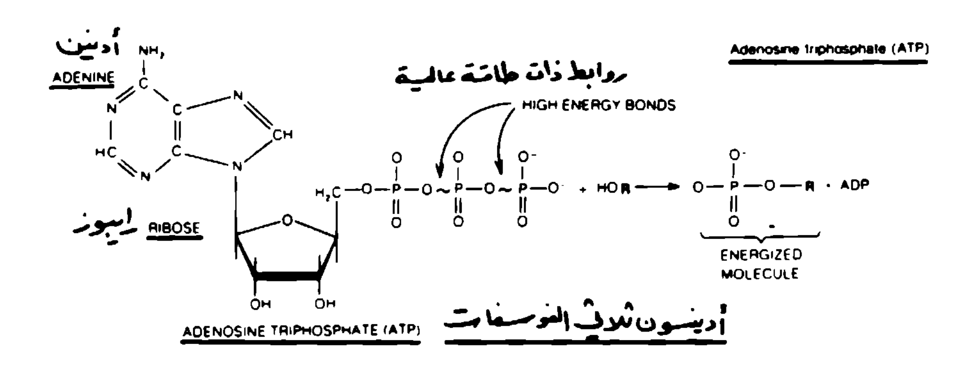
NUCLEOTIDE (2)

NUCLEOLTIDE (1)	U		C		A		G		NUCLEOTIDE (3)
U	UUU	PHE	UCU	SER	UAU	TYR	UGU	CYS	U
	UUC	PHE	UCC	SER	UAC	TYR	UGC	CYS	C
	UUA	LEU	UCA	SER	UAA	(T)	UGA	(T)	A
	UUG	LEU	UCG	SER	UAG	(T)	UGG	TRP	G
C	CUU	LEU	CCU	PRO	CAU	HIS	CGU	ARG	U
	CUC	LEU	CCC	PRO	CAC	HIS	CGC	ARG	C
	CUA	LEU	CCA	PRO	CAA	GLN	CGA	ARG	A
	CUG	LEU	CCG	PRO	CAG	GLN	CGG	ARG	G
A	AUU	ILE	ACU	THR	AAU	ASN	AGU	SER	U
	AUC	ILE	ACC	THR	AAC	ASN	AGC	SER	C
	AUA	ILE	ACA	THR	AAA	LYS	AGA	ARG	A
	AUG	MET	ACG	THR	AAG	LYS	AGG	ARG	G
G	GUU	VAL	GCU	ALA	GAU	ASP	GGU	GLY	U
	GUC	VAL	GCC	ALA	GAC	ASP	GGC	GLY	C
	GUA	VAL	GCA	ALA	GAA	GLU	GGA	GLY	A
	GUG	VAL	GCG	ALA	GAG	GLU	GGG	GLY	G

الشكل(٢-٢٣)

ملخص الشيفرة الوراثية في تضاعف DNA والاستساخ والترجمة والأحماض الأمينيّة

ومن أهم مركبات (النيوكليوتيدات) الحاملة للطاقة هو مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات Adenosine triphosphate (ATP) . ويتألف جزيء (ATP) كما هو مبيّن في الشكل (٢-٢٤) من القاعدة النيتروجينية (A) وسكر الرايبوز (S) وثلاث مجموعات من الفوسفات (P) . وكما يلاحظ من تركيبه الكيميائي ، يحتوي (ATP) على ثلاث مجموعات فوسفات ، وبذلك تنطلق طاقة هائلة تقدر بحوالي عشرة آلاف سعر / مول نتيجة تحطم إحدى الروابط الكيميائية بين مجموعات الفوسفات الثانية والثالثة لينتج المركب أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) . كما يمكن أن تتحطم الرابطة الكيميائية بين مجموعة الفوسفات الثانية والأولى لينتج المركب أدينوسين أحادي .



الشكل (٢-٢٤) : مركب الطاقة ATP

الفوسفات (AMP). ويمكن لمركب (ADP) أن يقوم باستخلاص طاقة من التنفس ليكوّن ثانية (ATP). ويمكن التعبير عن العلاقة بين مركبات الطاقة بما يلي :

$$ADP + P + Energy \rightleftharpoons ATP$$

هذا ، ويتم إنتاج الطاقة في الكائنات الحية بما فيها الإنسان ، من خلال أكسدة

المركبات الغذائية العضوية كالكربوهيدرات والدهون والبروتينيات ، وذلك عن طريق تحطيمها بواسطة (أنزيمات) خاصة في سلسلة طويلة من التفاعلات البيوكيميائية المعقدة. وتتم أكسدة الغذاء داخل الخلايا (التنفس الخلوي) ويكون جزيء الجلوكوز هو الجزيء الذي يؤكسد غالباً حيث تنطلق الطاقة (ATP) وينتج ثاني أكسيد الكربون والماء وفق المعادلة المختصرة التالية :

أنزيمات

C6 H12 O6 + 6O2 ------------> 6 CO2 + 6 H2O + 38 ATP

كما يمكن أن تنطلق الطاقة نتيجة تحلّل المواد الغذائية (الجلوكوز) بمساعدة أنزيمات خاصة بدون استعمال الأكسجين وينتج ثاني أكسيد الكربون والكحول الايثيلي (التخمر الكحولي) أو حامض البيروفيك (التنفس اللاهوائي) كما هو موضح تالياً :

أنزيمات

C6 H12 O6 --------> 2 C2 H5OH + 2 CO2 + 2 ATP

التخمر

أنزيمات

C6 H12 O6 --------> 2 C3 H6 O3 + 2 ATP

التنفس اللاهوائي

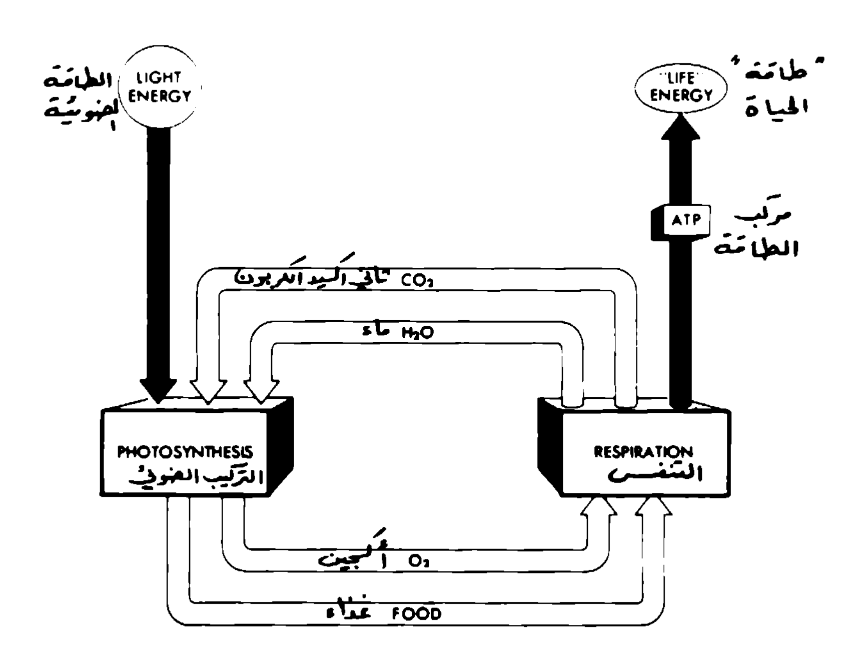
هذا ومما يجدر ذكره ، أن الكائنات الحية (والإنسان) تستمد الطاقة أصلاً من ضوء الشمس (المصدر الأساسي للحياة) وذلك من خلال عملية التركيب الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات والطحالب حيث تستعمل ثاني أكسيد الكربون من الجو والماء من التربة لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية مخزنة في المركبات العضوية الكربوهيدراتية (السكر) وفق المعادلة التالية :

طاقة ضوئية

6 CO2 + 12H20 ---------> C6 H12 O6 + 602 + 6 H2O

كلوروفيل

ويبيّن الشكل (٢-٢٥) العلاقة بين عمليتي التنفس والتركيب الضوئي .



الشكل (٢-٢٥) : العلاقة بين عمليتي التنفس والتركيب الضوئي

هذا ، ومما يجدر ذكره ، أنّ هناك كائنات حية كما في بعض أنواع البكتيريا (ذاتية التغذية) تستعمل كبريتيد الهيدروجين بدلاً من الماء لإنتاج المركبات العضوية (السكر) كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$6\ CO_2 + 12\ H_2S \xrightarrow{\text{طاقة}} C_6H_{12}O_6 + 12\ S + 6\ H_2O$$

أما الكائنات الحية غير ذاتية التغذية والتي يشار إليها بأنّها (عضوية التغذية) كالإنسان والحيوانات والفطريات وبعض أنواع البكتيريا ، فتستمد طاقتها من المركبات الغذائية الجاهزة التي تم تصنيعها من قبل النباتات والطحالب (المنتجات) بفعل عملية التركيب الضوئي .

الفصل الثالث

المستوى الخلوي : الخلية The Cell

الخلية :

تتركب الكائنات الحية على اختلاف أنواعها وأشكالها وأحجامها من وحدات تركيبية صغيرة تسمى **خلايا** Cells لها القدرة على القيام بجميع مظاهر الحياة التي تتميز بها الكائنات الحية وذلك بفضل المادة الحية المسماة **البروتوبلازم** Protoplasm .
والبروتوبلازم نظام معقد من مواد كيماوية وتراكيب متعضيّة ذات قوام جيلاتيني بسيط يصفه البعض بأنه مستحلب غروي ؛ وهو نصف صلب أو نصف سائل يمكنه التحول من حالة السيولة Sol إلى حالة الصلابة Gel أو العكس ؛ وقوامه حبيبي ، وتتركب المادة المنتشرة فيه من تجمعات من الجزيئات معلقة في الوسط الانتشاري وهي في حركة دائمة يُشار إليها بالحركة البراونية . من حيث التركيب الكيماوي ، فإنّ أكثر العناصر الكيميائية وفرة في البروتوبلازم هي : الاكسجين ٦٣٪ ، والكربون ٢ر٢٠٪، والهيدروجين ١٠٪ ، والنيتروجين ٥ر٢٪ ، وهي مجتمعة تشكل حوالي (٩٦٪) من البروتوبلازم ، والباقي (حوالي ٤ – ٥ ٪) تدخل في تكوينه عناصر بنسب مختلفة (كما ذُكر في الفصل الثاني) مثل الفسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلور والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والنحاس والحديد والزنك والكوبالت والمنغنيز .

وبوجه عام ، فإنّ **التحليل الكيميائي** لخلية حيوانية نموذجية في الحيوانات الراقية التامة النمو ، يشير إلى أنّها تتكون من المركبات التالية : (أ) ماء ٦٥ – ٧٠٪ (ب) بروتين ١٥٪ (جـ) دهون وزيوت ١٠–١٥٪ (د)كربوهيدرات ١٪ (هـ) مواد

(أيونات) غير عضوية ٥٪ . وإذا أخذنا البيضة - كخلية (ومادة غذائية نتغذى عليها يومياً) نجد أنها تتركب تقريباً مما يلي : (أ) ماء ٦٥٪ (ب) بروتين ١ر١٢٪ (جـ) دهون ٢ر١٠٪ (د) كربوهيدرات ١٪ (هـ) أملاح معدنية وفيتامينات ٢ر١١٪ . ومن هنا يتبين لنا أنّ البيضة (كخلية) هي غذاء كامل تزودّ الانسان بجميع المواد الغذائية الأساسية لحد كبير .

يرجع الفضل في **اكتشاف الخلايا** إلى العالم البريطاني روبرت هوك R. Hooke حيث كان أول من صمم ميكروسكوبا فحص به قطاعات من الفلين فشاهد من خلاله ثقوباً أو فراغات صغيرة شبهها بالثقوب أو النخاريب التي نراها في أقراص العسل وقد أطلق على هذه الثقوب اسم خلايا . وبعد تطور صناعة الميكروسكوبات المركبة والالكترونية من جهة ، والتقدم الذي أحرز في استعمال الأصباغ الحيوية ومحاليل التثبيت من جهة ثانية ، توالت الاكتشافات والتفاصيل التركيبية للخلية ومكوناتها.

ففي عام ١٨٣٨ استنتج العالم الالماني (عالم نباتي) ماثيوس شلايدن M. Schleiden أنّ الأنسجة النباتية تتركب من وحدات صغيرة هي الخلايا ؛ وفي السنة التالية أكد ثيودور شوان (عالم حيوان) T. Schwan أن الأنسجة الحيوانية أيضا تتألف من وحدات تركيبية هي الخلايا . وبعد ذلك اتسع مفهوم الخلية ، وعمم العالم الألماني (عالم أمراض) رودلف فيرشو R. Virchow أن الخلايا تنتج من خلايا سابقة لها . ولهذا يمكن القول بأنّ الفضل يرجع للعلماء شلايدن وشوان وفيرشو في وضع مبدأ بيولوجي هام عرف فيما بعد باسم النظرية الخلوية Cell Theory ؛ ولقد اقترح بعض العلماء أن تسمى نظرية الكائن الحي Organismal Theory لأن التركيز يجب أن يكون على الكائن الحي ككل وليس على الخلية ؛ وباختصار فإنّ مبدأ **النظرية الخلوية يتلخص** بما يلي :

١ - **الخلية وحدة التركيب** أو البناء في الكائن الحي Unit of Structure . **أجسام الكائنات الحية تتألف من وحدات بنائية هي الخلايا ؛ فالخلية بمثابة اللبنة الأساسيّة في تركيب الجسم ومجموعها يعطي النسيج فالعضو فالجهاز فالكائن الحي - كما سبق أن أشرنا إلى ذلك في الفصل الأول .**

٢ – **الخلية وحدة الوظيفة في الكائن الحي** Unit of Function . إنّ خلايا الكائن الحي هي التي تقوم وتؤدي الوظيفة أو الوظائف الحيوية المختلفة ، فهي تتغذى وتنمو وتتنفس وتتحرك وتتكاثر ... وهذا ما نلاحظه حتى في الكائنات الحية الوحيدة الخلية ؛ أما في الكائنات الحيّة العديدة الخلايا فقد تؤدي الخلية أو النسيج أو العضو أو الجهاز وظيفة أو أكثر ، فسواء في الانسان الكائن الحي المعقد أو في الأُميبا الكائن الحي البسيط في كل منهما وظائف حيوية قد تختلف في الظاهر لكنها تتشابه في الأصل .

٣ – **الخلية وحدة الانقسام في الكائن الحي** Unit of Division . الخلية تنتج من إنقسام خلية سابقة لها ؛ والكائنات الحية وحيدة الخلية تنقسم خلاياها لتكوين كائنات حية جديدة . وفي الكائنات الحية العديدة الخلايا تنقسم الخلايا إما لغرض النمو أو لتكوين خلايا تناسلية من أجل التكاثر ، وسنتحدث عن ذلك في الصفحات القادمة.

٤ – **الخلية وحدة الوراثة في الكائن الحي** Unit of Heredity . كل خلية تحمل المادة الوراثية التي فيها تتمركز أسرار الحياة وتفسر لنا الصفات المختلفة للكائن الحي ، وتنتج نسخاً طبق الأصل وبالتالي تحافظ على نوعها قبل أن تفارق الحياة . إنّ أسرار الحياة هذه موجودة على صورة شيفرة في المادة الوراثية المعروفة باسم DNA محمولة مع الكروموسومات ، وكل وحدة من وحداتها لها مدلول وراثي معين ومسؤول عن نقل صفة معينة في الكائن الحي .

تختلف الخلايا في **الشكل والحجم والوظيفة** . فمن حيث الشكل ، تتخذ الخلايا أشكالاً هندسية مختلفة منها ما يكون كروياً كالبيوض ، ومنها ما يكون مستطيلاً أو مطاولاً أو اسطوانياً أو شجرياً متفرعاً كالخلايا العصبية ؛ ومنها ما يكون مكعباً أو خيطياً كألياف العضل ؛ ومنها ما له شكل معين إلاّ أن حوافها متعرجة فتبدو غير منتظمة الشكل كخلايا بطانة الفم ، ومنها لا شكل له تتغير أشكالها باستمرار حسب حاجة الحيوان مثل خلايا كرات الدم البيضاء التي توصف بالشكل الأُميبي الدائم التغير . كما تختلف الخلايا في أحجامها ، فهي متباينة لدرجة أنّ بعضها لا يرى في المجاهر المركبة القوية كالخلايا البكتيرية ، ومنها ما يرى بالعين المجردة كخلايا البيوض ، فبيضة الدجاجة مثلاً يصل قطرها حوالي ٣ سم وبيضة النعامة (١٧×١٣ سم) أكبر من ذلك . وفي

المعدل فإنّ أحجام الخلايا يتراوح ما بين طويلة جداً كالخلايا العصبية التي قد يصل طول بعضها سبعة أقدام أو يزيد عن ذلك كما في الزرافة . أما بالنسبة للوظيفة فتختلف الخلايا حسب الوظيفة التي تؤديها فهناك خلايا حسيّة وأخرى حركية وثالثة جنسية وهكذا .

تركيب الخلية : Cell Structure

مم تتركب الخلية ؟ وما هي أجزاؤها ؟

خذ قشرة رقيقة من حراشف البصل وحاول أن تضعها على شريحة زجاجية تحت الميكروسكوب ، ماذا تلاحظ ؟ وإذا لم يتوافر البصل فحاول أن تقشط بلطف بواسطة منكاش للأسنان جزءاً من بطانة فمك وضعها على شريحة زجاجية تحت عدسة الميكروسكوب ، ماذا تلاحظ ؟ وإذا خفت على بطانة فمك فحاول أن تحصل على قطرة من ماء مستنقع وضعها على شريحة زجاجية تحت عدسة الميكروسكوب، ماذا تشاهد ؟ واذا لم تستطع مشاهدة أي شيء فحاول أن تضيف صبغة أزرق الميثيلين Mythelene Blue أو صبغة اليود إلى التحضيرات السابقة .

في الحالة الأولى ، نشاهد خلايا نباتية مستطيلة أو مطاولة الشكل ؛ وفي الحالة الثانية ، نلاحظ خلايا حيوانية مفلطحة غير منتظمة ؛ وفي الثالثة نشاهد خليطاً من كائنات حية أولية صغيرة الحجم ومختلفة في أشكالها وأحجامها . ولعلك تستنتج أن الخلايا السابقة الذكر تختلف عن بعضها البعض من حيث الشكل والحجم والوظيفة وتفاصيل مكوناتها ، لكنها برغم ذلك تشترك جميعاً في تركيب عام ، ويمكنك أن تميز على الأقل **ثلاثة تراكيب أساسية للخلية** وهي :

١ – الغشاء الخارجي للخلية Outer membrane

٢ – النواة Nucleus

٣ – السيتوبلازم Cytoplasm

والشكل (٣–١) يوضح التركيب العام لمكونات خلية حيوانيّة نموذجيّة (بما فيه الانسان) . وفيما يلي وصف لمكونات الخلية وأهميتها بالنسبة لبقاء الكائن الحي

(الانسان) .

أولاً : الغشاء الخارجي للخلية Outer Membrane

عبارة عن سياج الخلية ويشكل خط الدفاع الأول لها ؛ يختلف تركيبه حسب نوع الخلية ، ففي الخلية النباتية عبارة عن غلاف قوي صلب ميت يسمى **الجدار الخلوي** Cell Wall ويتخذ شكلاً كروياً أو بيضوياً أو مطاولاً أو غير منتظم ، ويتركب رئيسياً من مادة كربوهيدراتية معقدة التركيب تسمى السليولوز Cellulose مما يعطي حماية أفضل للنبات . وبالرغم أن جدر الخلايا النباتية قوية لكنها تحتفظ بدرجة معينة من المرونة تجعلها قابلة للانحناء دون أن تتكسر ، ولهذا لا غرابة أن نرى أجزاء النبات المختلفة من أوراق وسيقان وأعناق تنحني باتجاه الريح وتعود إلى وضعها الأصلي دون أن تتضرر ؛ كما يعطي الجدار الخلوي شكلاً ثابتاً للخلية بالاضافة إلى حماية محتوياتها من الصدمات الخارجية . ويوجد تحت الجدار الخلوي مباشرة غشاء رقيق يُسمى الغشاء الخلوي Cell Membrane .

أما في **الخلايا الحيوانية** فليس لها جدار خلوي بل إنّ الخلية محاطة بغشاء رقيق هو الغشاء الخلوي أو الغشاء البلازمي Plasma Membrane ؛ وهو غشاء رقيق جداً يتراوح سمكه ما بين ٥٠ - ١٠٠ أنجستروم (الأنجستروم = ٠٠٠١ر٠ ميكرون) يحيط بالخلية الحيوانية ويحفظ مكوناتها ، كما أنه يحدد ما يجب أن يدخل أو يخرج من وإلى الخلية ، فهو بمثابة (شرطي الخلية) يعمل على تنظيم حركة مرور المواد الذائبة ما بين الخلية والوسط المحيط بها . أما بالنسبة لتركيب الغشاء الخلوي نفسه ، فقد أظهر المجهر الالكتروني أن الغشاء يتركب من مادتين أساسيتين : البروتين والدهون (دهن فسفوري) ، جزيئات من البروتين مندسة في طبقة مزدوجة من الدهون ، ولعل هذا التركيب له علاقة بدخول بعض المواد إلى الخلية وامتناع غيرها ، فقد ذكر أن الغشاء يتصف بظاهرة **النفاذية الاختيارية** Selective Permeability فيسمح لبعض المواد الذائبة والأيونات بالنفاذ داخل الخلية بينما يمنع دخول أيونات ومواد أخرى ، لذا يوصف بأنّ له القدرة على اختيار ما يلزمه من عناصر ومواد أخرى ، ولو أنّ هذه الظاهرة تعتمد على عوامل أخرى كتركيز الوسط ودرجة الحرارة وفسيولوجية الخلية بوجه عام .

ومما يجدر ذكره أنّ بعض الأنواع المتخصصة من الخلايا والأنسجة الحيوانية كثيراً ما يخرج منها زوائد خلوية إما هدبية أو سوطية . والأهداب قصيرة كثيرة العدد عادة تنتشر بكثرة في خلايا وأنسجة الانسان وبخاصة في أنسجة القنوات ؛ والهدب والسوط متشابهان من حيث التركيب ، ويتركب كل منهما من أنيبيبات Microtu-bules تظهر في القطاع العرضي مرتبة في تسعة أزواج تحيط بأنبوبتين مفردتين في الوسط وهذا ما يشار إليه بنظام (٩+٢) . أما أصلها فتنشأ من أجسام قاعدية تسمى في حالات خاصة الكينوتوسومات Kinetosomes (تشبه السنتريولات) وهي المسؤولة عن حركة الأهداب والأسواط أيضاً .

ثانياً : النواة Nucleus

النواة هي أبرز مكونات الخلية وأكثرها وضوحاً ؛ وتظهر كجسم كروي قاتم لكن شكلها له علاقة بالشكل العام للخلية فهي كروية الشكل بالخلايا المستديرة ، ومستطيلة في الخلايا المستطيلة أو غير منتظمة كما في أنوية كرات الدم البيضاء ، وتتوسط النواة عادة الخلية خاصة في الخلايا الحيوانية لكنها تبدو جانبية الموضع في الخلايا النباتية (لماذا ؟) . تعتبر النواة أكبر أجزاء الخلية ويمكن مشاهدتها بسهولة خاصة عند إضافة الصبغات المناسبة كصبغة أزرق الميثيلين أو اليود . ويختلف عدد الأنوية (النوى) في الخلية لكنها واحدة في الأحوال العادية وهذا لا يمنع من وجود أكثر من نواة داخل الخلية كما في ألياف العضلات الهيكلية في الانسان وبعض الهدبيات . هذا وقد تفقد الخلية نواتها في أحد مراحل تطورها كما في كرات الدم الحمراء لمعظم الثدييات بما فيه الانسان .

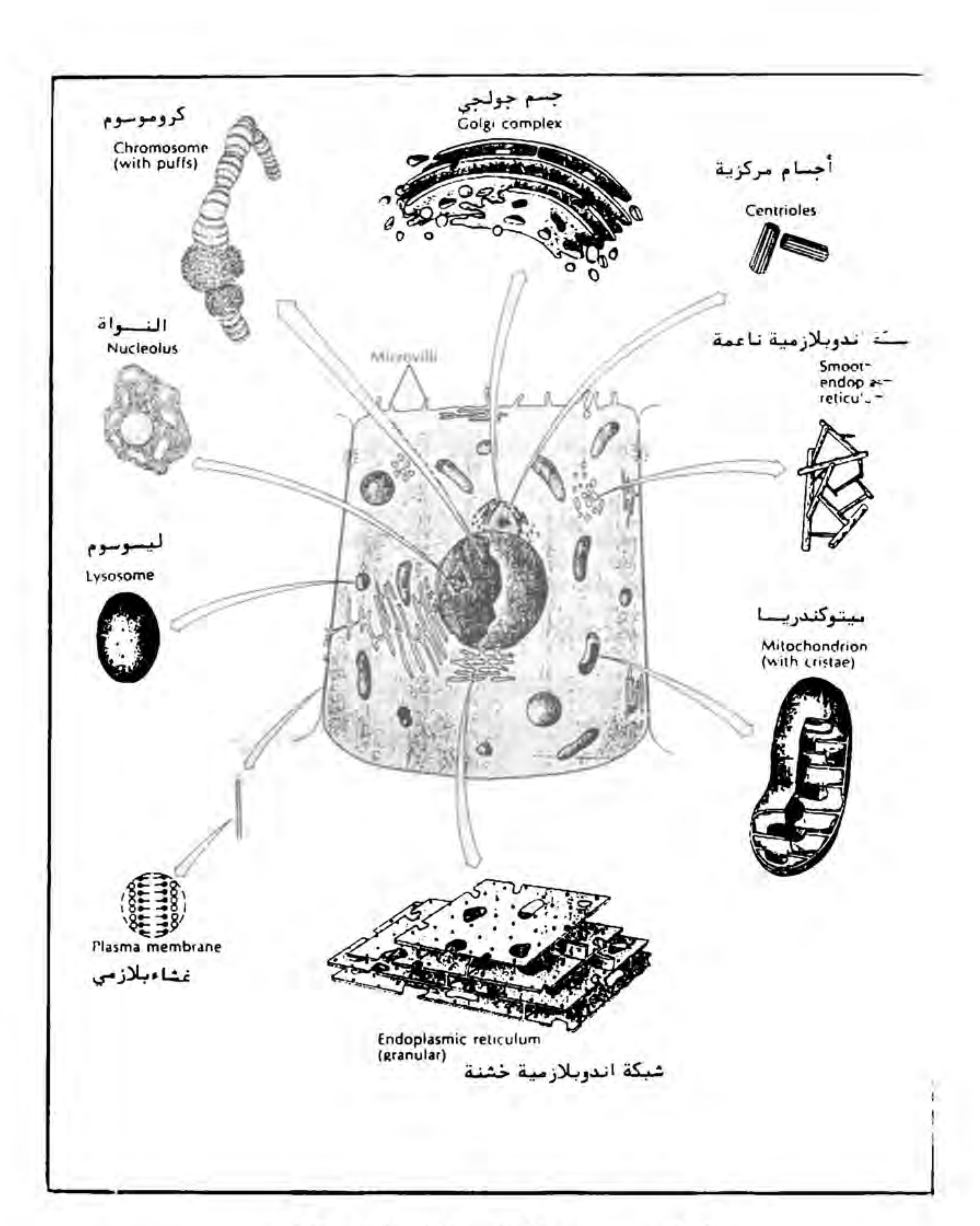
تتركب النواة من أربعة أجزاء هي :

أ – الغلاف النووي : Nucleur Membrane

يحيط بالنواة ويحفظ مكوناتها ، ويتخلله ثقوب صغيرة جدا تسمح باتصال مباشر بين محتويات النواة وسيتوبلازم الخلية وبالتالي تنظم تبادل حركة المواد والأيونات بين النواة والسيتوبلازم . ويتركب الغلاف النووي من غشائين : داخلي وآخر خارجي يتصل بالغشاء الخلوي عن طريق ممرات وقنوات الشبكة الاندوبلازمية .

ب – السائل النووي : Nucleur Sap

سائل يملأ النواة وتنغمس فيه جميع محتويات النواة ؛ ويتركب من مواد عضوية وبروتينات وسكريات وأحماض أمينية وأنزيمات التي تصل السيتوبلازم عن طريق الثقوب الموجودة بالغلاف النووي .



الشكل (٣ – ١) : التركيب العام لخلية حيوانية

جـ – النوية : Nucleolus

عبارة عن جسيم صغير كروي الشكل ، وعددها واحدة أو أكثر . والنوية غنية بالأحماض النووية (RNA) والبروتينات ؛ ولهذا لها علاقة مباشرة في تكوين الرايبوسومات (r RNA) الضرورية لتكوين البروتينات في الخلية .

د – الشبكة الكروماتينية – الكروموسومات : Chromatin Net

وهي عبارة عن خيوط رفيعة متشابكة مع بعضها فتبدو كالشبكة أحياناً ومن هنا جاءت التسمية ؛ والخيوط هذه عبارة عن الكروموسومات الحاملة للمادة الوراثية (DAN) ، ويمكن مشاهدتها بوضوح تحت عدسة المجهر خاصة في حالة انقسام الخلية لأنها تساهم مباشرة في انقسام الخلية . وعدد الكروموسومات ثابت بالنسبة للنوع الواحد ؛ ففي الانسان يوجد ٤٦ كروموسوماً في خلاياه الجسدية ، والقط ٣٨ ، والكلب ٥٢ ، والفأر ٤٠ ، وذبابة الفاكهة ٨ ، وقد يقتصر العدد على كروموسومين كما في بعض الديدان الاسطوانية (الاسكارس) .

مما سبق ، يتضح لنا أنّ النواة (المديرة التنفيذية) لها أهمية كبيرة داخل الخلية ، ويتضح ذلك في أمرين : **الأول** أنها تحمل المادة الوراثية المحمولة مع الكروموسومات المعروفة باسم DNA وكل جزء أو وحدة منها مسؤول عن صفة معينة في الكائن الحي، وهكذا يتم ضمان نقل المعلومات الوراثية من خلية إلى أخرى أو من الآباء إلى الأبناء . **والثاني** أنها تضاعف ما بها من مواد وراثية DNA Replication أو (RNA) ، بعد ذلك تترجم المعلومات الوراثية الأساسية إلى بروتينات (أنزيمات) بها تتحدد نوعية الخلية ووظيفتها في مسيرة الكائن الحي .

ثالثاً : السيتوبلازم Cytoplasm

عبارة عن المادة البروتوبلازمية أو الوسط الذي تنغمس فيه النواة والأجزاء الخلوية الأخرى (العضيّات) وهي : الشبكة الاندوبلازمية ، وأجسام جولجي ، والميتوكندريا ، والرايبوسومات ، والليسوسومات ، والسنتريولات ، والفجوات الخلوية (العصارية) ، والبلاستيدات . كما تنتشر في السيتوبلازم أجسام خلوية غير حية تظهر على شكل حبيبات كروية منها حبيبات تخزين (حبيبات النشا الحيواني –

جلايكوجين) ، وحبيبات دهنية وافرازية وصبغية . وفيما يلي وصف مختصر لهذه الأجزاء (السيتوبلازمية) الخلوية .

١ – الشبكة الاندوبلازمية : Endoplasmic Reticulum

عبارة عن انبعاجات داخل السيتوبلازم ، وتتصل بالغلاف النووي فتزيد مساحة السطح المعرض للخلية وبالتالي زيادة فعالية نشاطاتها الحيوية ؛ وهي موجودة في الخلايا الحيوانية والنباتية على السواء ، وتبدو تحت الميكروسكوب على شكل ممرات أو أكياس تحيط بها أغشية مكونة من بروتين ودهون ، وتعمل على توصيل المواد ما بين الأجزاء الخلوية في السيتوبلازم من جهة ، ومن النواة إلى خارج الخلية أو العكس من جهة ثانية ؛ كما أنّ انتشارها في السيتوبلازم على شكل قنوات تقسم الخلية إلى أجزاء أو أقسام فتكسب الخلية وسيلة دعامية ؛ والشبكة الاندوبلازمية على نوعين هما :

أ – الشبكة الاندوبلازمية **الخشنة** .Rough E. R وتنتشر عليها وحدات صغيرة أو حبيبات كروية تسمى الرايبوسومات تعمل كمراكز لبناء وتكوين البروتينات.

ب – الشبكة الاندوبلازمية **الناعمة** .Smooth E. R ليس عليها حبيبات الرايبوسومات ، وتعمل على نقل المواد المصنوعة داخل الخلية نفسها ، كما تساهم في بناء المواد الدهنية وبعض مكونات الخلية الأخرى كأجسام جولجي .

٢ – أجسام جولجي : Golgi bodies

توجد في خلايا الحيوان والنبات على السواء ، وسميت كذلك نسبة إلى مكتشفها العالم الايطالي Camillo Golgi عام ١٨٩٨ . وتظهر داخل الخلية على شكل بالونات مضغوطة من وسطها (صهاريج) . وتتركب من قسمين : أكياس متطاولة رقيقة الجدر تبدو موازية لبعضها البعض ومن حويصلات مستديرة تحدها أغشية رقيقة موجودة بالقرب من حافة الأكياس . أما أهميتها فترجع كونها مراكز إفراز أو مراكز تجميع للبروتينات والأنزيمات ، ولذا يزداد عددها في الخلايا الافرازية (كالكبد والبنكرياس)، فتعمل على تجميع المواد المصنوعة بواسطة الرايبوسومات وتخزينها في الحويصلات بحيث يمكن أن تتحرك بعد ذلك إلى أماكن أخرى سواء داخل الخلية أو إلى سطح الغشاء الخلوي إلى خارج الخلية حسب الحاجة .

٣ – الميتوكندريا : Mitochondria

جسم سيتوبلازمي تنتشر في جميع الخلايا ما عدا كرات الدم الحمراء في الثدييات ؛ وهي غير موجودة – كما ذكرنا سابقاً – في البدائيات . تختلف الميتوكندريا في الشكل الخارجي فتتراوح ما بين عضيّة اسطوانية أو كروية أو خيطية الشكل مما يشير إلى أنها تغير شكلها حسب الناحية الفسيولوجية للخلية بالاضافة إلى وجود أشكال متباينة منها . كما تختلف في العدد والحجم (٢ر٠ – ٥ ميكرون) لكنها تكون موزعة توزيعاً متجانساً داخل الخلية أو قد تتركز في منطقة معينة إذا دعت حاجة الخلية ذلك .

أمّا من حيث تركيبها الكيماوي ، فقد أظهر المجهر الالكتروني أنّ بها DNA على شكل خيط دائري ورايبوسومات وأنّها – مكونة من أغشية مزدوجة من البروتين والدهون ، الغشاء الخارجي يتحكم في مرور جزيئات المواد الكيماوية من وإلى داخل الميتوكندريا والغشاء الداخلي كثير التعرج والانطواء يشكل نتؤات وبروزات عديدة اصبعية الشكل متجهة للداخل تسمى الكرستات أو الأعراف Cristae فتزيد بذلك مساحة سطحها ؛ ويقع بين هذه الأعراف المادة المسماة بالمادة الخلالية . أما بالنسبة لوظيفتها فلها أهمية كبيرة داخل الخلية ، فهي تعتبر مراكز لانزيمات التنفس اللازمة لتوليد الطاقة (ATP) لتشغيل الخلية والكائن الحي ولذلك يُطلق عليها محطات أو بيوت الطاقة Power House . وعليه ، فالمادة الأساسية للميتوكندريا كما تشير الدلائل تعتبر مركزاً لدورة كريبس Krebs Cycle حيث توجد أنزيمات التنفس الخاصة بذلك ، في حين الغشاء الداخلي يتمم انتاج الطاقة في مرور الالكترونات في النظام المعروف باسم سلسلة نقل الالكترونات E. T. C. .

٤ – الرايبوسومات : Ribosomes

عبارة عن حبيبات صغيرة كروية الشكل موجودة في خلايا الحيوان والنبات والبدائيات . توجد إمّا على أغشية الشبكة الاندوبلازمية أو معلقة حرة في السيتوبلازم. وتتركب من حوالي (٦٠٪) RNA و (٤٠٪) بروتين ولها علاقة مباشرة في بناء وتكوين البروتينات في الخلية .

٥ – الليسوسومات : Lysosomes

أجسام أو أكياس كروية الشكل منتشرة في السيتوبلازم ذات غشاء مفرد رقيق، تحوي كمية كبيرة من أنزيمات التحليل المائي ، لذا يعتقد أن وظيفتها هضمية ، إذ تطلق محتوياتها لتهضم ما يصل للخلية من مواد غريبة (هضم داخل الخلايا) ؛ كذلك عندما تهرم أو تتلف الخلية فإنّها تطلق محتوياتها الأنزيمية لتحطم الخلية ، أو تحطم خلايا انتهت وظيفتها أو عملها كما في حالات تطور يرقات الضفادع مثلا (أبو ذنيبة) إلى ضفدع بالغ عديم الذيل إذ تفرغ أنزيماتها وتتلف خلايا الذيل الذي لم يعد له فائدة . كما أن الليسوسومات هي المسؤولة عن هضم الغذاء في الخلايا ذات الفراغات الغذائية خاصة في الكائنات الحيّة الوحيدة الخلية .

٦ – السنتريولات (الأجسام المركزية) : Centrioles

هي أجسام سيتوبلازمية أسطوانية أو عصوية الشكل توجد بالقرب من النواة في الخلايا الحيوانية لكنها غالباً مفقودة في النباتات الراقية وقد تفقدها بعض الخلايا الحيوانية التي فقدت قدرتها على الانقسام كالخلايا العصبية أو كرات الدم الحمراء . وتتألف من نقطة مركزية أو نقطتين مركزيتين لهما علاقة مباشرة في انقسام الخلية ، إذ تبتعد نقطتا الجسم المركزي إلى قطبي الخلية المتقابلين أثناء انقسام الخلية ويرتبطان ببعضهما بالخيوط المغزلية التي تصطف عليها الكروموسومات .

٧ – البلاستيدات : Plastids

تعتبر البلاستيدات أوضح الأجزاء السيتوبلازمية في الخلايا النباتية التامة النمو لكنها مفقودة في الخلايا الحيوانية . **وتصنف البلاستيدات** تبعاً للصبغة إلى نوعين :

أ – بلاستيدات ملونة ، وتحمل أصباغاً تكسبها ألواناً خاصة مميزة لها ، وأهمها البلاستيدات الخضراء Chloroplast التي تحتوي على صبغة الكلوروفيل ومنها كلوروفيل (أ ، ب) وهي التي تعطي اللون الأخضر إلى الكثير من الخلايا النباتية . وقد يوجد معها صبغات أخرى كالكاروتين والزانثوفيل وقد تحجب الصبغة الخضراء نظراً لكثرتها كما في كثير من الطحالب . وترجع أهمية البلاستيدات الخضراء إلى ضرورتها في عملية التركيب الضوئي لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيماوية . أما

من حيث التركيب ، فهي تشبه الميتوكندريا من حيث أنها محاطة بغشاء مزدوج من البروتين والدهون لدرجة أن بعض العلماء يعتقد أنها نشأت منها . كما تحتوي الكلوروبلاست (كالميتوكندريا) على DNA ورايبوسومات .

وتتألف الكلوروبلاست من جزأين هما : صفوف متراصة من أغشية قرصية تسمى الجرانا Grana وترتبط بالتفاعل الضوئي لانتاج الطاقة وحاملات هيدروجين الماء؛ ومن مادة أساسية تملأ المسافات المحيطة وتسمى الستروما Stroma التي ترتبط بتثبيت ثاني أكسيد الكربون من الجو إلى مركبات عضوية كربوهيدراتية . ورغم أنها توجد بأشكال مختلفة ، إلاّ أنّها غالباً ما تبدو بيضوية كثمرة الخيار أو كروية الشكل أحيانا . وهناك بلاستيدات ملونة أخرى كالبلاستيدات الصفراء والحمراء والبنية ليس لها القدرة على التركيب الضوئي (الكلورفيلي) لكنها تُعطي ألواناً زاهية لبعض أعضاء النبات المختلفة كما في الأوراق الزهرية (البتلات) وأجزاء النبات الأخرى .

ب – بلاستيدات غير ملونة (البيضاء) : Leucoplasts تفتقر إلى الصبغة ولذلك تبدو بيضاء لا لون لها ، وظيفتها تخزين المواد النشوية أو الدهنية أو البروتينية . هذا ويمكن أن تتحول هذه البلاستيدات إلى بلاستيدات ملونة عند تعرضها للضوء كما نشاهد ذلك في درنات البطاطا العادية من حين لأخر عندما تتكشف وتتعرض للضوء فتبدو درناتها خضراء اللون .

٨ – الفجوات الخلوية : Vacuoles

توجد الفجوات الخلوية (أو العصارية) في الخلايا النباتية ، وتكون صغيرة وكثيرة العدد في الخلايا النباتية الغضة التي لا تلبث أن تندمج مع بعضها لتكون فجوة خلوية (عصارية) مركزية تشغل حيزاً كبيراً من الخلية قد يصل إلى ٩٠٪ من حجم الخلية . كما تحتوي الخلايا الحيوانية على فجوات خلوية تكون صغيرة الحجم وكثيرة تختلف طبيعتها عن نظيرتها في الخلايا النباتية . تمتليء الفجوة بمحلول مائي خفيف الحموضة يسمى العصير الخلوي الذي يحتوي على أنواع مختلفة من الأملاح المعدنية (نترات ، وكبريتات ، وفوسفات) والمواد السكرية وبعض الأحماض العضوية ومواد دهنية وأخرى بروتينية ذائبة ومواد صبغية . ولهذا نرى أنّ الفجوة تستخدم كمخزن أو

مركز لتجميع «نفايات» الخلية حتى ولو كان ذلك مؤقتاً . ونتيجة لذلك ، تصبح الخلية ذات تركيز معين له أهمية كبرى في **التنظيم الأسموزي الخلوي** خاصة للنباتات ؛ ونظراً لتركيز المحلول المائي داخل الفجوة ينشأ عن ذلك ضغط اسموزي يسبب انتقال الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية للنبات . هل تعرف الآن لماذا تفشل أو تموت النباتات في الأراضي المالحة ؟

انقسام الخلية Cell Division

ذكرنا سابقاً أنّ الخلية تنشأ من انقسام خلية سابقة لها ، وأن المادة الوراثية – DNA له القدرة على مضاعفة نفسه . والسؤال الذي يطرح نفسه هو : ما الذي يدفع الخلية للانقسام ؟ ولماذا تنقسم الخلية ؟ وما الذي يوقف الخلية عن الإنقسام ؟

لا يُعرف بالضبط السبب المباشر الذي يدفع الخلية للانقسام ؛ لكن هناك فرضية تقول أن الكتلة التي يمكن لخلية ما أن تصلها محدود ، فإذا ما زادت عن ذلك فإنّها تنقسم . مقابل ذلك ، هناك خلايا تنقسم وهي صغيرة دون أن تكبر في الحجم فكيف يمكن تفسير ذلك ؟

بوجه عام ، نلاحظ أنّ هناك خلايا تنقسم باستمرار كما في بعض خلايا الكائنات الحية الأولية وكذلك خلايا الكائنات الأخرى العديدة الخلايا التي تعتبر مراكز النمو في النبات والحيوان . وهناك بعض الخلايا المتخصصة كالخلايا العصبية وكرات الدم الحمراء في الانسان لا تنقسم إذا ما بلغت تمام النمو . ومجموعة ثالثة من الخلايا تحتفظ بالقدرة على الانقسام ، ولا تنقسم إلاّ تحت ظروف معينة كخلايا كبد الانسان ؛ فقد ذكرت التقارير العلمية أن خلايا الكبد لا تنقسم في ظل الأحوال العادية، لكن إذا ما جرح الكبد أو اقتطع منه قطعة حتى ثلثية أو تلف جزء منه ، فإنّ خلايا الثلث الباقي تنقسم حتى تعوض الجزء المفقود وعندها تتوقف الخلايا عن الانقسام. من هنا ، ذكرت بعض التقارير (الطبيّة) العلمية عن امكانية زراعة أجزاء (قطع) من الكبد في الإنسان ؛ كما ذكر الشيء نفسه عن البنكرياس وربما غيره من الأعضاء الانسانية (والحيوانية) الأخرى مستقبلاً . وكذلك يمكن القول بالنسبة لبعض الحيوانات التي لها القدرة على تعويض وتجديد الأجزاء المفقودة منها كديدان الأرض والبلاناريا ونجم البحر . والحقيقة أنّ الخلية تنقسم ، وانقسامها سر من أسرار الحياة ربما يتحكم به أكثر من عامل منها :

تخصص الخلايا ، والتغذية ، وفسيولوجية الخلية . ولو قُدرّ للعلماء أن يعرفوا الدافع الذي يتحكم في انقسام الخلايا أو الذي يوقفها عن الإنقسام (الكابح) لكان لذلك أهمية كبرى في الحياة ولأعطى العلماء الضوء أو القدرة على التحكم في أمراض السرطان Cancer الذي تنقسم خلاياه باستمرار دون أي هدف أو فائدة للجسم وبصورة غير طبيعية وغير منتظمة ولا تخضع لسيطرة الجسم وذلك على حساب طاقة الجسم مما يؤدي إلى وفاة المصاب إذا لم يعالج في الوقت المناسب . ومهما يكن الأمر ، فإنّ تخصص الخلايا ووظائفها ربما يدفع الخلية لأن تنقسم لغرض النمو أو التجديد أو إصلاح تلف ما أو التكاثر . وعليه ، فإنّ هناك نوعين من انقسام الخلية هما : الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي .

أولاً : الانقسام غير المباشر : Mitosis

يحدث الانقسام غير المباشر في الخلايا الجسدية Somatic Cells للكائنات الحية الوحيدة الخلية والعديدة الخلايا على السواء ؛ لكن الهدف في كل منهما يختلف، ففي الكائنات الوحيدة الخلية يكون الهدف منه التكاثر أو زيادة العدد ، فالأميبا مثلا أو البراميسيوم تنقسم انقساماً غير مباشر لتكوّن فردين جديدين وقد يطلق عليه الانشطار الثنائي Binary fission . أما إذا حدث في الكائنات العديدة الخلايا (الانسان) ، فإنّ الغرض منه هو النمو أو إصلاح أنسجة الجسم التي أصابها تلف أو تجديد الجلد .

والانقسام غير المباشر ، هو الطريقة التي بواسطتها تنمو الكائنات الحية متعددة الخلايا . فعلى سبيل المثال ، كل واحد منا بدأ كخلية أولية مخصبة تسمى الزيجوت Zygote الذي ينقسم انقسامات غير مباشرة حتى يصبح انساناً تام النمو معقد التركيب، حتى إذا وصل الكائن الحي تمام النمو فإنّ الانقسام غير المباشر لا يتوقف خاصة في مراكز النمو للنبات والحيوان . ففي الانسان مثلاً ، تنقسم خلايا الجلد لتجديد الخلايا الميتة باستمرار وكذلك خلايا الأمعاء تتجدد باستمرار نتيجة لموت قسم كبير منها في عملية الهضم والامتصاص ؛ وكذلك إذا جرح الانسان فإنّ الخلايا المجاورة للجرح تنشط وتنقسم حتى تغلق الجرح . وفي الحيوانات التي لها القدرة على تجديد الجزء المقطوع أو التالف، فقد تنقسم انقساماً غير مباشر لهدف التكاثر ، فدودة الأرض Earth Worm أو البلاناريا Planaria إذا ما قطعت إلى جزئين فإنّ كل جزء

قد ينقسم ليكوّن حيواناً جديداً ؛ ونفس الشيء يحدث في النباتات الراقية ، فهناك كثير من النباتات تتكاثر خضرياً بواسطة العقل أو الفسائل أو الترقيد . هذا ، ويحدث لانقسام غير المباشر عادة في مناطق النمو للنبات كما في القمم النامية للجذر والساق والكمبيوم .

بالرغم أنّ مراحل انقسام الخلية متتابعة لا يوجد بينها فواصل محددة ، إلاّ أن العادة جرت أنّ العلماء يقسمونها إلى مراحل وخطوات تسهيلاً للدراسة والإستيعاب ، وهنا لا بد من الاشارة إلى أمرين (انقسامين) هما :

أ – انقسام محتويات النواة وملاحظة سلوك الكروموسومات أو ما يسمى بالانقسام النووي Karyokinesis .

ب – انقسام السيتوبلازم أو الانقسام السيتوبلازمي Cytokinesis .

وباختصار ، الانقسام غير المباشر يعني انقسام محتويات النواة والسيتوبلازم إلى قسمين متكافئين ينتهي بتكوين خليتين ذات مجموعتين متشابهتين من الكروموسومات ومكونات الخلية الأخرى . وتقسم **مراحل الانقسام غير المباشر** عادة إلى خمس مراحل (الشكل ٣–٢) هي :

١ – المرحلة البينية Interphase

٢ – المرحلة التمهيدية Prophase

٣ – المرحلة الاستوائية Metaphase

٤ – المرحلة الانفصالية Anaphase

٥ – المرحلة النهائية Telophase

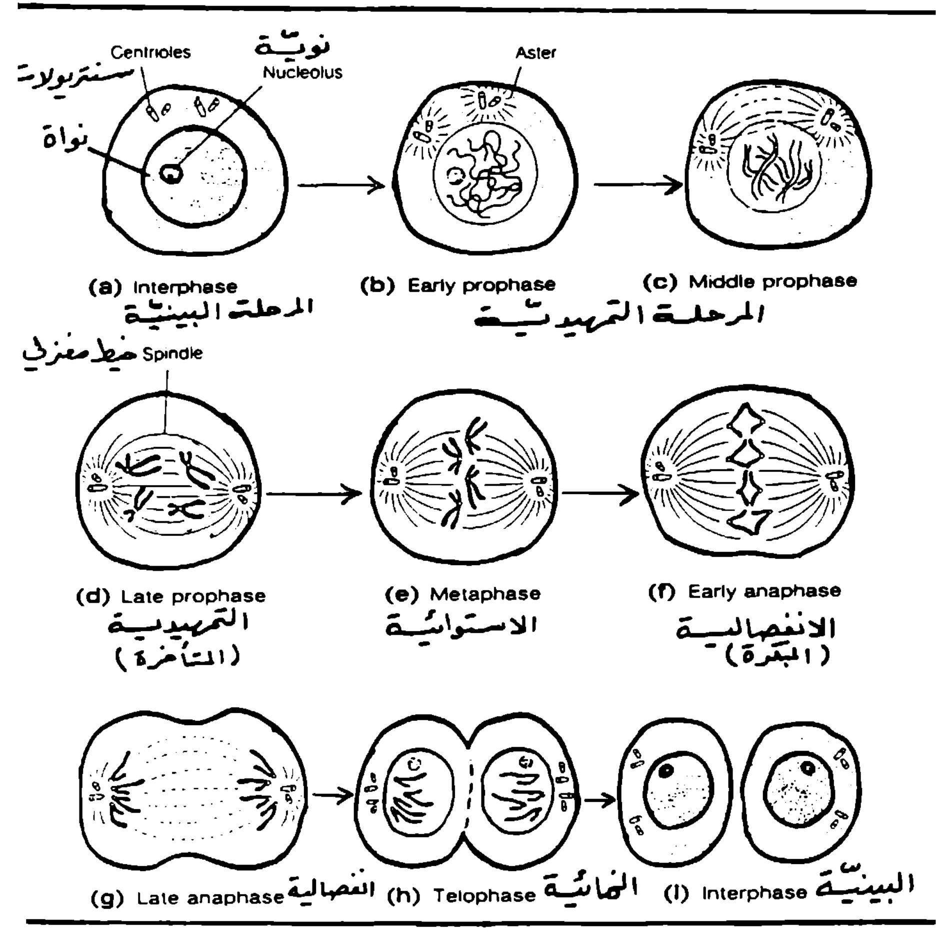
١ – المرحلة البينية : Interphase

وهي المرحلة التي تقع بين كل انقسامين متتاليين ، وفيها تتهيأ الخلية للانقسام . وعلى الرغم أنها لا تعتبر جزءاً من انقسام الخلية حيث إنّ الخلية توصف بأنها في حالة سكون ، إلا أنّ الخلية في الأصل هي في حالة نشاط حيوي وفسيولوجي مستمر ؛ وأهم ما يحدث في هذه المرحلة هو مضاعفة المادة الوراثية DNA وبالتالي تهيئة الخلية للانقسام.

٢ – المرحلة التمهيدية : Prophase

تعتبر هذه المرحلة أطول مراحل الانقسام زمنياً إذ تأخذ حوالي ٦٠٪ من الزمن

اللازم لانقسام الخلية . في بداية هذه المرحلة ، تتميز الشبكة الكروماتينية إلى خيوط رفيعة تسمى الكروموسومات عددها ثابت في النوع الواحد ، فهي في خلايا الانسان الجسدية ٤٦ كروموسوماً ، ويبدو كل كروموسوم مكوناً من خيطين رفيعين متشابهين تماماً وملتصقين طولياً بنقطة تسمى سنترومير أو Kinetochore وكل خيط يسمى كروماتيد Chromatid . كما ينقسم الجسم المركزي (السنتريول) إلى قسمين (إذا لم يوجد اثنان في الأصل) وينفصل الجسمان المركزيان ويبتعدان عن بعضهما ليتخذا وضعين متقابلين في قطبي الخلية ، ويستقطب كل منهما حوله جزءاً من السيتوبلازم . كما تبدأ الخيوط المغزلية بالتشكيل والظهور وتبدأ النوية بالاختفاء وتقصر وتغلظ الكروموسومات ويختفي الغشاء النووي معلناً نهاية المرحلة التمهيدية .



الشكل (٣ - ٢) : الانقسام غير المباشر

٣ – المرحلة الاستوائية : Metaphase

تبدو الكروموسومات في هذه المرحلة قصيرة وغليظة غير منظمة ، لكنها لا تلبث أن تتحرك حركة موضعية بما تسمح به الخيوط المغزلية وذلك لترتب نفسها في وسط الخلية . وفي النهاية تبدو وقد ترتبت واصطفت (جنباً إلى جنب) في وسط الخلية وهي عادة مرتبطة بالخيوط المغزلية بواسطة السنتروميرات ؛ وبالمناسبة يمكن معرفة عدد الكروموسومات عن طريق عد السنتروميرات وليس الخيوط لأنه من الصعب معرفة ذلك .

٤ – المرحلة الانفصالية : Anaphase

كما يدل الاسم ، فإنّ السنتروميرات تنقسم وتبدأ الكروماتيدات (الكروموسومات فيما بعد) بالانفصال عن بعضها ببطء مشدودة بالخيوط المغزلية إلى قطبي الخلية ، وتنجذب عادة السنتروميرات أولاً ثم تتبعها أذرع الكروموسومات وبهذا تتشكل مجموعتان متشابهتان من الكروموسومات الجديدة (٤٦ كروموسوم في كل قطب في الانسان) عند قطبي الخلية وتبدو على شكل ٨ و ٧ على الترتيب .

٥ – المرحلة النهائية : Telophase

تبدأ الخيوط المغزلية بالاختفاء ، كما يحدث اختناق في السيتوبلازم ويتكون سنتريول جديد في كل قطب ؛ ويبدأ الغشاء النووي والنوية بالظهور ، وتبدو الكروموسومات أقل وضوحاً مما كانت عليه سابقاً ولذلك تعتبر هذه المرحلة معاكسة لما يحدث في المرحلة التمهيدية ؛ ثم يزداد اختناق السيتوبلازم ويمتد إلى وسط الخلية ويزداد عمقاً حتى يتم انفصاله إلى قسمين يحيط كل منهما بأحد نصفي النواة (انقسام سيتوبلازمي) . وهكذا تنتج خليتان جديدتان في كل منهما عدد متساو من الكروموسومات (العدد الثنائي Diploid - 2n) والتراكيب الخلوية الأخرى .

دورة الخلية Cell Cycle

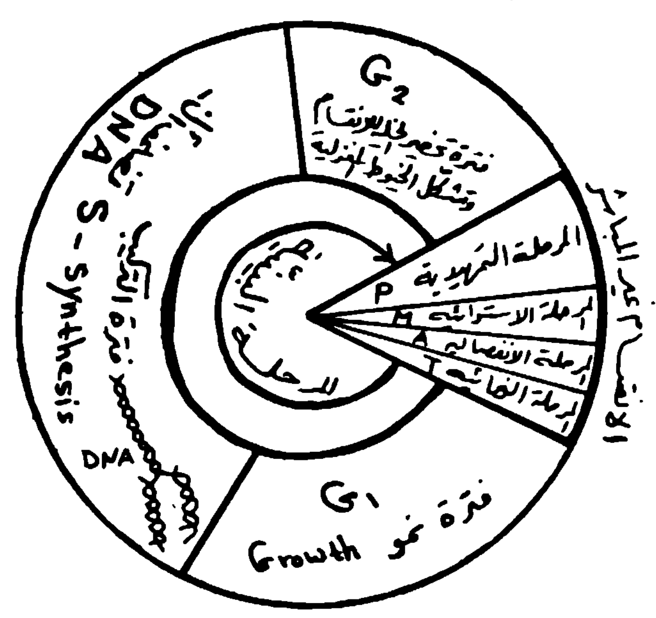
الوقت اللازم لانقسام الخلية انقساماً غير مباشر يختلف عادة حسب نوع الخلية المنقسمة ودرجة الحرارة والغذاء ؛ وهو في المتوسط يتراوح ما بين نصف إلى أربع ساعات بوجه عام .

والخلايا المنقسمة تمر في دورة مرتبة ومنظمة تسمى دورة الخلية (الشكل ٣-٣) التي تقسم إلى فترات هي :

١ - فترة التركيب (Synthesis) أو S - Phase وفيها يتضاعف مركب المادة الوراثية DNA .

٢ - فترة الفجوة (Gap) أو G - Phase وهي تشمل فترتين :

أ - فترة ما بعد التركيب (G2) وهي الفترة الواقعة ما بين فترة التركيب وقبل البدء بالانقسام غير المباشر . وفيها تتهيأ وتستعد الخلية للانقسام ، كما يتم فيها تكوين تراكيب لها أهمية كبيرة في انقسام الخلية مثل تشكيل الخيوط المغزلية .



الشكل (٣-٣) : دورة الخلية

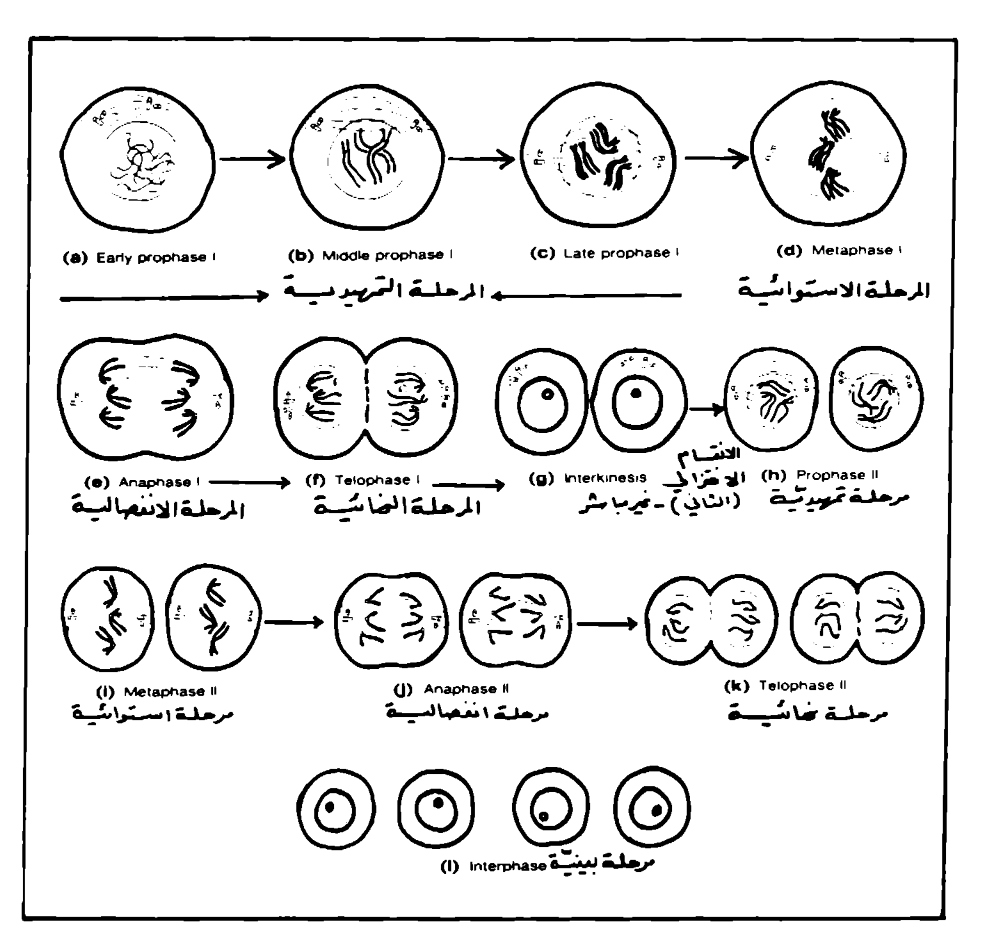
ب - فترة ما قبل التركيب (G1) وهي الفترة الواقعة بعد الانقسام غير المباشر وقبل فترة التركيب ؛ وهي تعتبر فترة النمو من حيث إنّ الخلايا الناتجة من الانقسام تكون صغيرة الحجم فلا بد لها إذن من أن تنمو حتى تأخذ الشكل والحجم المميز لها في النسيج الأصلي الذي تنتمي إليه . بالاضافة إلى ما سبق ، تذكر بعد التقارير العلمية أنّ بعض « المواد الكيماوية» تتكون في هذه الفترة تشجع أو تمنع بدء مرحلة التركيب؛

وبهذا تحدد ما إذا كانت الخلية ستنقسم أم لا ؛ هذا ولو قُدّر للعلماء أن يعرفوا هذه «المواد الكيماوية» لكان لذلك أهمية كبرى في بدء السيطرة على خلايا السرطان التي تنقسم باستمرار دون حاجة أو فائدة للجسم .

ثانياً : الانقسام الاختزالي : Meiosis (Reduction Division)

يحدث الانقسام الاختزالي في الأعضاء أو الخلايا التناسلية للكائن الحي وذلك لتكوين الجاميتات المذكرة والجاميتات المؤنثة لغرض التناسل . ففي الحيوان بما في ذلك الانسان ، يحدث هذا الانقسام في الخصى لتكوين الحيوانات المنوية Sperms ، وفي الأنثى يحدث في المبايض لتكوين البويضات Ova . أمّا في النبات فيحدث في أعضاء الزهرة التناسلية في الطلع أو السداة لتكوين حبوب اللقاح ، وفي المتاع أو الكربلة لتكوين البويضات . وكما تدل التسمية ، لا بد من اختزال (اختصار) عدد الكروموسومات إلى النصف حتى يظل عدد الكروموسومات ثابتاً في الأجيال المختلفة للنوع الواحد ؛ فإذا اعتبرنا كل بويضة مخصبة لأي كائن حي عبارة عن اتحاد جاميت ذكري وآخر أنثوي فإنّ هذا يعني اجتماع الكروموسومات في خلية واحدة ، ومعنى هذا أنه إذا لم يحدث اختزال للكروموسومات فسيؤدي ذلك إلى تضاعف عددها بحيث لا يحافظ الفرد الواحد على نوعه ، إذن لا بد من اختزال عدد الكروموسومات في الجاميتات بالذات حتى يعود العدد إلى أصله عند التقائهما مرة ثانية ، وهذا بالضبط ما يحدث في الانقسام الاختزالي . ففي الانسان مثلاً ، هناك نوعان من الخلايا : خلايا جسدية Somatic Cells وفيها ٤٦ كروموسوماً أي العدد الزوجي أو الثنائي للكروموسومات ويشار له اصطلاحاً Diploid (2n) ، والخلايا التناسلية وفيها ٢٣ كروموسوماً أي العدد الفردي أو الأحادي للكروموسومات ويشار له Haploid (n) . فإذا حدث جماع أو تسافد بين الذكر والأنثى والتقى الحيوان المنوي مع البويضة تندمج نواتاهما ويتكون الزيجوت وبه العدد الأصلي (٤٦) من الكروموسومات .

على الرغم أنّ خطوات الانقسام الاختزالي أكثر تعقيداً من نظيرتها في الانقسام غير المباشر، لكنها من حيث المبدأ مشابهة لها مع بعض الاختلافات البسيطة هنا وهناك. والانقسام الاختزالي عبارة عن انقسامين متتاليين هما (لاحظ الشكل ٣ - ٤) :



الشكل (٣ - ٤) : الانقسام الاختزالي

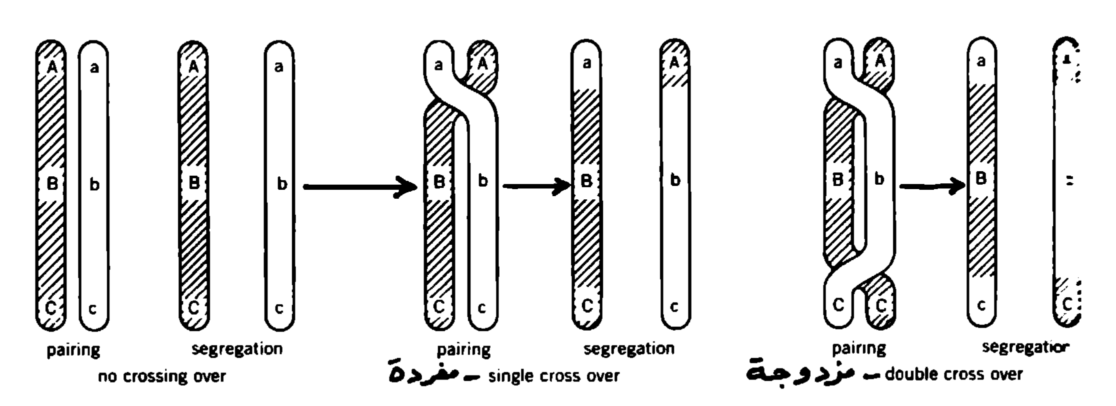
أ - الانقسام الاختزالي الأول ، وفيه تُختزل عدد الكروموسومات (2n) إلى النصف (n) وينتج عنه نواتان (خليتان) جديدتان في كل منهما نصف عدد الكروموسومات الأصلية .

ب - الانقسام الاختزالي الثاني ، وهو **انقسام غير مباشر** متمم للانقسام الاختزالي الأول حيث إنّ كل نواة أو خلية من الخليتين السابقتين الناتجتين من الانقسام الاختزالي الأول تنقسم انقساماً غير مباشر وتكوّن كل منهما خليتين جديدتين ؛ وهكذا يتكون أربع خلايا كنتيجة نهائية للانقسام الاختزالي .

الانقسام الاختزالي الأول : Meiosis I

١ - المرحلة التمهيدية : Prophase I

تظهر الكروموسومات على شكل خيوط رفيعة ويبدأ الغلاف النووي بالزوال ، وتتحرك الكروموسومات داخل النواة ليصطف كروموسوم من الأب مع آخر من الأم ، بمعنى أن كل زوج من الكروموسومات المتشابهة تتقارب من بعضها وكأنّ الكروموسوم الواحد مكرر مرتين ؛ ولما كان كل كروموسوم مكون من كروماتيدين لذا تبدو كل مجموعة مكونة من أربعة كروماتيدات . وفي هذا الأثناء ، يحدث ما يسمى بظاهرة العبور Crossing Over (المفردة أو المزدوجة) بين الكروماتيدات (لاحظ الشكل ٣-٥) ، وفيها يحدث تبادل بين أجزاء الكروماتيدات ، وهذا يعني تبادل في الصفات الوراثية والذي يعتبر مُهماً في تنوّع الكائنات الحية . وفي نهاية هذه المرحلة ، تتشكل الخيوط المغزلية جيداً وتختفي النوية ويتلاشى الغلاف النووي .



الشكل (٣- ٥) : ظاهرة العبور المفردة والمزدوجة

٢ - المرحلة الاستوائية : Metaphase I

وفيها تصطف الكروموسومات على طول وسط الخلية في مجموعتين متقابلتين، أي ٢٣ كروموسوماً من جهة يقابلها ٢٣ كروموسوماً من الجهة الثانية ، ويكون عادة كل كروموسوم مقابل الكروموسوم (نظيره) المشابه له (قارن ذلك بما يحدث في الانقسام غير المباشر) .

٣ – المرحلة الانفصالية : Anaphase I

وفيها تنفصل وتبتعد كل مجموعة كروموسومية (٢٣ كروموسوماً) إلى أحد قطبي الخلية ، ويسحب عادة كل كروموسوم برمته من نقطة السنترومير إلى أحد القطبين ، لذا فإنّ أجزاء الكروموسوم الواحد لا تنفصل . وهكذا تنفصل المجموعتان المتشابهتان من الكروموسومات في نهاية المرحلة ؛ وقد يحدث انقسام سيتوبلازمي ليفصل بين النواتين لتكوين خليتين جديدتين ، كما قد تختفي الكروموسومات ويبدأ تشكل الغلاف النووي وتدخل المرحلة البينية . وهكذا يصبح عندنا نواتان أو خليتان في كل منهما نصف العدد الأصلي (n) من الكروموسومات الأصلية . لكن كل كروموسوم يختلف عن تلك الكروموسومات في الخلية الأم الأصلية وذلك نظراً لحدوث تبادل بين أجزاء الكروماتيدات وانتقال بعض المواد (الجينات) الوراثية من كروماتيد لآخر.

الانقسام الاختزالي الثاني : Meiosis II

هذا الانقسام يتمم الانقسام الاختزالي الأول ويشبه في خطواته ومراحله تماماً ما يحدث في الانقسام غير المباشر . وملخصه أن كل نواة أو خلية من النواتين أو الخليتين من الانقسام الاختزالي الأول **تنقسم انقساماً غير مباشر** ويتكون نتيجة لذلك أربع خلايا كل منها يحتوي العدد الأحادي من الكروموسومات الأصلية . وفي حالة الانسان ، فإنّه يتكون عندنا حيوانات منوية (أربعة حيامن) وبويضات (بويضة واحدة ناضجة – لماذا ؟) في كل منها ٢٣ كروموسوماً ، فإذا ما اجتمع الحيوان المنوي مع البويضة يتكون الزيحوت وبه ٤٦ كروموسوماً ، أي العدد الأصلي من الكروموسومات . وهذا يفسّر لنا كيف يبقى عدد الكروموسومات ثابتاً في جميع خلايا الفرد أو النوع الواحد ؛ كما يذكرنا أيضا بأنّ الكائنات الحية التي تنتج أفراداً مختلفة وراثياً عن آبائها (نتيجة الانقسام الاختزالي والتكاثر الجنسي) لها حظ أوفر في الحياة من تلك التي تنتج أفراداً مشابهة تماماً للأبوين كما في عمليات التكاثر بدون إخصاب أو (التكاثر الخضري) . والآن هل تستطيع أن تستنتج الفروق الأساسية بين الانقسام غير المباشر والانقسام الاختزالي ؟ حاول أن تستعين بالشكل (٣–٢) والشكل (٣–٤) .

النشاطات البيوفيزيائية في الخلية

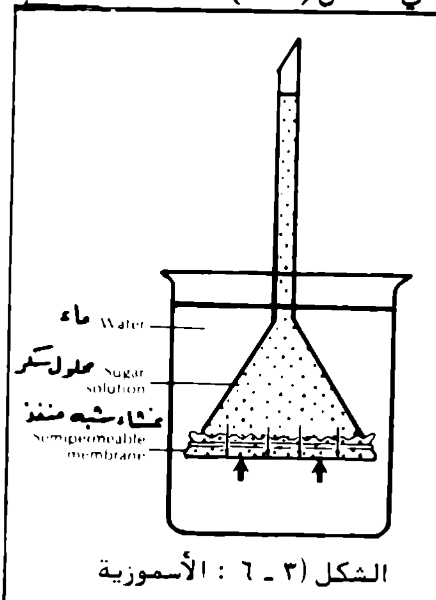
تحدثنا فيما سبق عن بعض النشاطات الحيوية في الخلية ؛ وسنتحدث هنا عن بعض النشاطات البيوفيزيائية في الخلية التي لها علاقة بخصائص غشاء الخلية والدور الذي يقوم به في فسيولوجيا الخلية وبخاصة المتعلق بنفاذية الخلية حيث تعتبر مرور المواد من وإلى الخلية نشاطاً أساسياً في العمليات الخلوية واستمرارها . ولهذا ينبغي أن يكون للمواد القدرة على أن تدخل أو تترك الخلية . إنّ العمليات الفيزيائية التي تتحكم في حركة هذه المواد عبر الغشاء الخلوي تتضمن ما يلي : الانتشار والاسموزية والنقل النشط والتشرب والالتهام . وتسمى العمليات التي لا يتطلب حدوثها طاقة بالفعاليات السالبة Passive كما في الانتشار والاسموزية والترشيح ؛ في حين تسمى العمليات التي يتطلب حدوثها صرف طاقة بالفعاليات النشطة Active كما في النقل النشط والتشرب الخلوي والالتهام الخلوي .

١ – الانتشار Diffusion

الانتشار هو حركة عشوائية لذرات وجزيئات المادة في جميع الاتجاهات داخل الوسط الذي توجد فيه . وبمعنى آخر ، هو ظاهرة تبعثر ونثر جزيئات الغازات والسوائل. فالحركة الجزيئية للمواد المنتشرة (السوائل أو الغازات) تكون عشوائية وتكون سريعة باتجاه المنطقة ذات العدد القليل من الجزيئات . وهكذا تكون حركة الجزيئات من وسط ذي تركيز أعلى إلى وسط آخر ذي تركيز أقل (بالنسبة لمادة معينة) حتى تصل حالة التوازن فتكون جميع مناطق المحلول متجانسة ومتماثلة . ويكون انتشار الجزيئات عبر الأغشية المنفذة خلال الثقوب الموجودة في الغشاء ، وما دام هذه الثقوب أكبر من حجم الجزيئات ، فإنّ الجزيئات تخترقها . وكتطبيق في فسيولوجيا الجسم ، نلاحظ أنّ كمية الأكسجين في الدم أعلى تركيزاً مما هو في الخلية ، الأمر الذي يستوجب انتقاله (الأكسجين) إلى منطقة التركيز المنخفض إلى الخلية . والأكسجين الذي يزود الخلية هو في نقصان مستمر بسبب حدوث النشاطات الخلوية الأيضية داخل الخلايا والتي تستهلك الأكسجين مما يعني استمرار انتشار جزيئات الاكسجين إلى داخل خلايا الجسم .

٢ - الاسموزية Osmosis

تشير الأسموزية إلى حركة جزيئات الماء (المذيب) خلال الغشاء شبه المنفذ. وفي الخلايا، نجد الماء يتحرك فيما بين البروتوبلازم والمحلول المحيط بالخلية. ولتوضيح ذلك، حاول أن تدرس ماذا يحدث لحركة الماء في الشكل (٣-٦) ؟



الشكل (٣ ـ ٦ : الأسموزية

يلاحظ في الشكل (٣-٦) وجود غشاء اختياري النفاذية (للماء) ما بين الماء (الموجود في الكأس) ومحلول السكر (الموجود في القمع). وعند مراقبة مثل هذا التنظيم نلاحظ أنّ الماء (المذيب) يميل إلى الانتشار نتيجة (للحركة البراونية) من منطقة التركيز الأعلى (الكأس) إلى منطقة التركيز الأدنى (القمع)، وبذلك يزداد حجم (محلول السكر) ويقل تركيزه. وبوجه عام، تنتقل جزيئات الماء بأعداد أكبر في كل وحدة زمنية من منطقة فيها عددها أعلى إلى منطقة ذات جزيئات ماء أقل عددا، وإذا تساوت جزيئات الماء على جانبي الغشاء في وقت معين، فإنه سوف تنتقل أعداد متساوية من الجزيئات في كل اتجاه حتى تبلغ حالة التوازن. ونظراً لحركة جزيئات الماء وضغطها على الغشاء، فإنّه يسلط ضغط على الغشاء يعرف بالضغط الاسموزي (يعبر عنه ملم/زئبق). ويحدد الضغط الأسموزي بعدد دقائق المادة المذابة في محلول معين. وعليه، كلما زاد عدد الدقائق في المحلول زادت نفاذيته وبذلك تزداد قوة سحبه للماء. والآن، ماذا تتوقع لحركة جزيئات السكر في الشكل (٣-٦) إذا فرضنا أنّ الغشاء منفذ لجزيئات السكر؟

هذا، وتُقسم المحاليل تبعاً لتركيزها الأسموزي إلى ثلاثة أنواع لكل منها تأثير على الخلية وهي :

أ - محلول زائد التركيز Hypertonic Solution يتميز هذا المحلول بتركيز

(مرتفع) من المواد الذائبة غير النفاذة إذا ما قورن بالمواد الذائبة في بروتوبلازم الخلية الموجودة فيه .

ب - محلول **ناقص التركيز** Hypotonic S. يتميز هذا المحلول بتركيز (منخفض) من المواد الذائبة غير النفاذة إذا ما قورن بالمواد الذائبة في بروتوبلازم الخلية الموجودة فيه .

جـ - محلول **متعادل التركيز** (أو متساوي الشدّ) Isotonic S. ويتميز هذا المحلول بأن يكون تركيز الماء خارج الخلية مساوياً لتركيزه في البروتوبلازم . وينشأ هذا التركيز عندما يكون التركيز الكلي لجزيئات المواد الذائبة متساوياً في كل من البروتوبلازم والوسط الخارجي . وكتطبيق في فسيولوجيا جسم الانسان ، حاول أن تحضر ثلاثة محاليل مختلفة التركيز ؛ الأول يحتوي على ١٠٪ من ملح الطعام (عالي التركيز) والثاني يحتوي على ماء مقطر فقط (ناقص التركيز) والثالث يحتوي على ٩ر٠٪ (متساوي التركيز) . ثم ضع بضع قطرات دم في كل من المحاليل الثلاثة السابقة، ماذا تلاحظ ؟ ارسم ما تلاحظه ؟ استعن بالشكل (٣-٧).

قطرات الدم الموضوعة في محلول ملحي تركيزه (أعلى) من تركيز الدم (بالنسبة للمواد الذائبة) يتوقع أن تُصاب كرات الدم الحمراء بالانكماش نظراً لخروج الماء منها . وتسمى هذه العملية بالبلزمة Plasmolysis بوجه عام ، وبلزمة كرات الدم الحمراء Hemolysis بوجه خاص . كما يتوقع أن قطرات الدم الموضوعة في محلول ملحي تركيزه (أقل) أن تنتفخ نظراً لدخول الماء إلى كرات الدم الحمراء وقد تنفجر إذا استمر دخول الماء إلى الخلايا . وتُسمى هذه العملية بازالة

الشكل (٣ ـ ٧) : خلية موضوعة في محاليل مختلفة التركيز

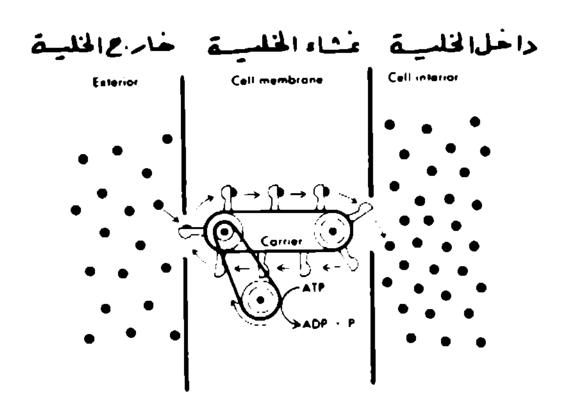
البلزمة Deplasmolysis ، في حين يتوقع أن تبقى كرات الدم الحمراء كما هي إذا ما وضعت في محلول متساوي (الشدّ) التركيز .

٣ - الترشيح Filteration يعرف الترشيح بأنه انتقال مادة من محلول عبر غشاء (نصف منفذ) كنتيجة لقوة ميكانيكية كالجاذبية وضغط الدم . ويكون الانتقال عادة من منطقة ضغط أعلى إلى منطقة ضغط أقل . وهنا يجب ملاحظة أن حجم مسامات الغشاء تحدّد الجزيئات القابلة للترشيح وبالتالي يعمل الترشيح على عزل الجزيئات الصغيرة عن الجزيئات الكبيرة . وفي فسيولوجيا جسم الانسان ، يحدث ترشيح في الكبة (شعيرات دموية) يتمثل في أن يرشح الجزء السائل من الدم خارج الشعيرات فينفذ خلال جدر محفظة بومان (في الكليتين) إلى تجويفها ويسمى الراشح، مع ملاحظة أنّ الدم لا يخسر بروتيناته ذات الجزيئات الكبيرة وبالتالي يحتفظ بها بخلاف المواد الافرازية ذات الأوزان الجزيئية الأصغر والتي تطرح إلى الخارج . كما يحدث ترشيح في جسم الانسان من خلال الشعيرات الدموية (مفتاح الجهاز الدوري) لتكوين ما يسمى باللمف في حين معظم بروتينات الدم والعناصر الخلوية لا تتمكن من النفاذ خلال أغشية الشعيرات الدموية بل تبقى محجوزة في تلك الشعيرات باستثناء بعض كرات الدم البيضاء التي تنتقل بحكم وظيفتها إلى مناطق أخرى في الجسم .

٤ - النقل النشط Active Transport

قلنا سابقاً أن الأسموزية تعني انتقال بعض المواد (الماء) عبر الأغشية (أغشية الخلايا) من وسط ذي تركيز عال - بالنسبة لجزيئات الماء - إلى وسط ذي تركيز أقل . إلاّ أنّها (الأسموزية) لا تختص بكل أنواع الانتقال عبر الأغشية الخلوية . ففي كثير من الكائنات الحية بما فيها الانسان ، تنتقل مواد معينة (كما في امتصاص الغذاء) من مناطق ذات تركيز (قليل) إلى مناطق ذات تركيز (مرتفع) . وهذا الانتقال ، الذي يتم (ضد تركيز أعلى) يعرف بالانتقال النشط ، ويتطلب بذل طاقة لحدوثه . وفي حالة النقل النشط (لاحظ الشكل ٣ - ٨) ، تلتصق المادة المنقولة بأحد مكونات الغشاء الخلوي الذي يكون بروتيناً أو دهوناً أو في بعض الأحيان أحد الأنزيمات أو مادة تسمى الحامل Carrier تلتقط المادة لتنقلها عبر الغشاء الخلوي . وفي هذه الحالة ، لا بد أن تجهز الطاقة

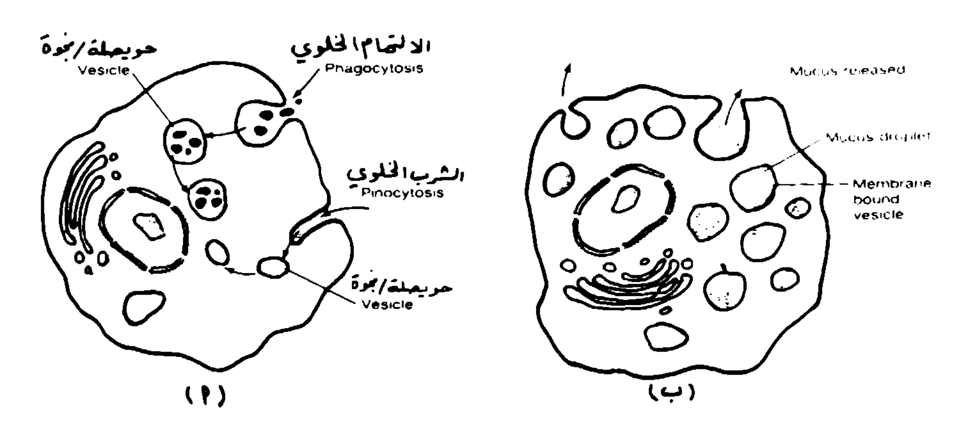
ATP لتنشط الحامل . ومما يجدر ذكره ، أنّ معدل النقل النشط خلال الغشاء ، مستقل عن مستوى التركيز Concentration gradient إلاّ أنه يتأثر بالتغيرات في بعض عوامل كما في (درجة الحرارة) بدرجة كبيرة . فقد تبين أن رفع درجة الحرارة حوالي (١٠ درجة مئوية) يمكن أن يضاعف من معدل آليّة النقل النشط ؛ في حين رفع نفس درجة يزيد حوالي ٤٪ فقط من معدل الانتشار .



الشكل (٣-٨) : توضيح ميكانيكي لعملية النقل النشط

٥ – الشرب الخلوي Pinocytosis - Cell drinking

إذا حدث أن التصقت بعض جزيئات المادة المنقولة (المحاطة بنقطة ماء) بالسطح الخارجي للغشاء الخلوي ، فإنّ الغشاء يأخذ بالانبعاج أولاً إلى الداخل في منطقة الالتصاق ، ثم تحاط جزيئات المادة (مع السائل) حتى تصبح ضمن فجوة تستقر أخيراً في سيتوبلازم الخلية (انظر إلى الشكل ٣-٩ -أ) . وتسمى هذه العملية بابتلاع المواد السائلة أو الشرب الخلوي Cell drinking . هذا ، وتنتقل بالشرب الخلوي المواد التي تستخدمها الخلية ، والمواد الضارة حيث تلتصق (المواد الضارة) بالليسوسومات بالفجوة التي تضمها وتهضمها هضماً خلوياً . وغالبا ما تتم عملية الشرب الخلوي في الخلايا التي حركتها من مكان لآخر محدودة لأنها تقع ضمن نسيج مكون من خلايا متعددة .



الشكل (٣-٩) : أ - الشرب والالتهام الخلوي ب - طرح المواد خارج الخلية

٦ - الالتهام Phagocytosis - Cell eating

تشبه عملية الالتهام الخلوي (أو الأكل الخلوي) عملية الشرب الخلوي بوجه عام، إلاّ أنّ المواد الملتهمة تكون عادة صلبة نسبياً وأكبر حجماً من نظيرتها في الشرب الخلوي . ولهذا يشار إليها بعملية ابتلاع المواد الصلبة (انظر إلى الشكل ٣-٩ - أ) . فكرات الدم البيضاء (والخلايا الطلائية للأمعاء) وغيرها ، تستطيع ادخال المواد (الصلبة) إلى السيتوبلازم عن طريق تكوين انبعاجات أو جيوب داخلية في الغشاء السيتوبلازمي والتي تعمل أخيراً على احتواء المواد ثم ادخالها في السيتوبلازم بعد أن تثقب هذه الجيوب مما يسمح عندئذ بدخولها إلى السيتوبلازم الخلوي . وكذلك ، تعتبر عملية (الأكل الخلوي) هي طريقة التغذية عند معظم الكائنات الوحيدة الخلية والبروتوزوا ، وبعض الكائنات الحيّة البدائية في الميتوزوا ، وعند كرات الدم البيضاء (جهاز المناعة) عندما تلتهم الميكروبات الغريبة . كما يمكن للخلية أن تطرح المواد خارجها من خلال تكوين أكياس خاصة أو فجوات داخل الخلية لا تلبث أن تتحد مع الغشاء الخلوي وتقذف بمحتوياتها خارج الخلية ، وتسمى هذه العملية بعملية طرح المواد Exocytosis خارج الخلية (الشكل ٣-٩ - ب) .

الفصل الرابع

المستوى النسيجي : الأنسجة الحيوانية

Animal Tissues

ذكرنا سابقاً أنّ الخلية هي وحدة البناء والوظيفة والانقسام والوراثة في الكائن الحي ؛ ومجموعة الخلايا المتشابهة في الشكل والتركيب تكون ما يسمى بالنسيج Tissue. فالنسيج إذن مجموعة من الخلايا المتماثلة التي تتشابه في شكلها وتركيبها وتكون متماسكة عادة بمادة خلالية تفرزها تلك الخلايا لتؤدي وظيفة أو أكثر في الجسم . والعلم الذي يدرس الأنسجة من حيث أنواعها وتركيبها ووظائفها وانتظامها في أعضاء يسمى علم الأنسجة Histology .

تختلف الأنسجة عن بعضها البعض في عدة أمور منها الحجم والتركيب ، وترتيب الخلايا ، والموقع ، وكمية ونوع المادة بين خلوية والوظيفة . وبالرغم من تنوع الكائنات الحية الحيوانية واختلافها في الشكل والحجم فإنّ أنسجتها (بما فيه الانسان) تقع ضمن **خمسة أنسجة حيوانية** أساسية هي :

١ – النسيج الطلائي .
٢ – النسيج الضام .
٣ – النسيج العضلي .
٤ – النسيج العصبي .
٥ – النسيج الوعائي .

أولاً : النسيج الطلائي Epithelium Tissue

يوجد النسيج الطلائي ، كما يدل الاسم ، إما على السطوح الخارجية للجسم أو يبطن السطوح الداخلية كتجاويف أو بطانه أعضاء الجسم المختلفة كبطانة الجهاز الهضمي والتنفسي والأوعية الدموية والقنوات الغديّة . وعليه ينشأ هذا النسيج من طبقتي الاكتودرم والاندودرم أثناء التطور الجنيني . **وللنسيج الطلائي خصائص** تميزه عن بقية الأنسجة وهي :

أ - يرتكز النسيج الطلائي على غشاء قاعدي Basement Membrane متجانس وغير خلوي ، مكون من ألياف شبكية تعمل على دعامة النسيج وتفصله عن الطبقة التي تقع تحته .

ب - خلاياه متراصة بجوار بعضها البعض .

جـ - المادة بين الخلوية (Intercellular Material (Matrix التي تلصق الخلايا بعضها ببعض قليلة جداً أو تكاد تكون معدومة وذلك نظراً لوجود الخلايا بجوار بعضها البعض .

د - يخلو النسيج من الأوعية الدموية Non - Vascularized ويصله الغذاء بطريقة الانتشار من الطبقة التي تقع تحته .

هـ - تتصف بعض خلايا النسيج بوجود زوائد هدبية على سطحها تسمى الأهداب Cilia .

يقسم النسيج الطلائي إمّا حسب شكل خلاياه أو ترتيبها أو وظائف النسيج ؛ وبوجه عام يمكن تقسيمه إلى نوعين أساسيين :

١ - النسيج الطلائي السطحي .Surface E. T .

٢ - النسيج الطلائي الغدّي .Glandular E. T .

أولاً : النسيج الطلائي السطحي : .Surface Epithelium T

يقسم هذا النسيج حسب شكل الخلايا وعدد الطبقات (ترتيب الخلايا) إلى

قسمين (لاحظ الشكل ٤ – ١) :

١ – النسيج الطلائي البسيط .

٢ – النسيج الطلائي المركب .

١ – النسيج الطلائي البسيط : Simple Epithelium T.

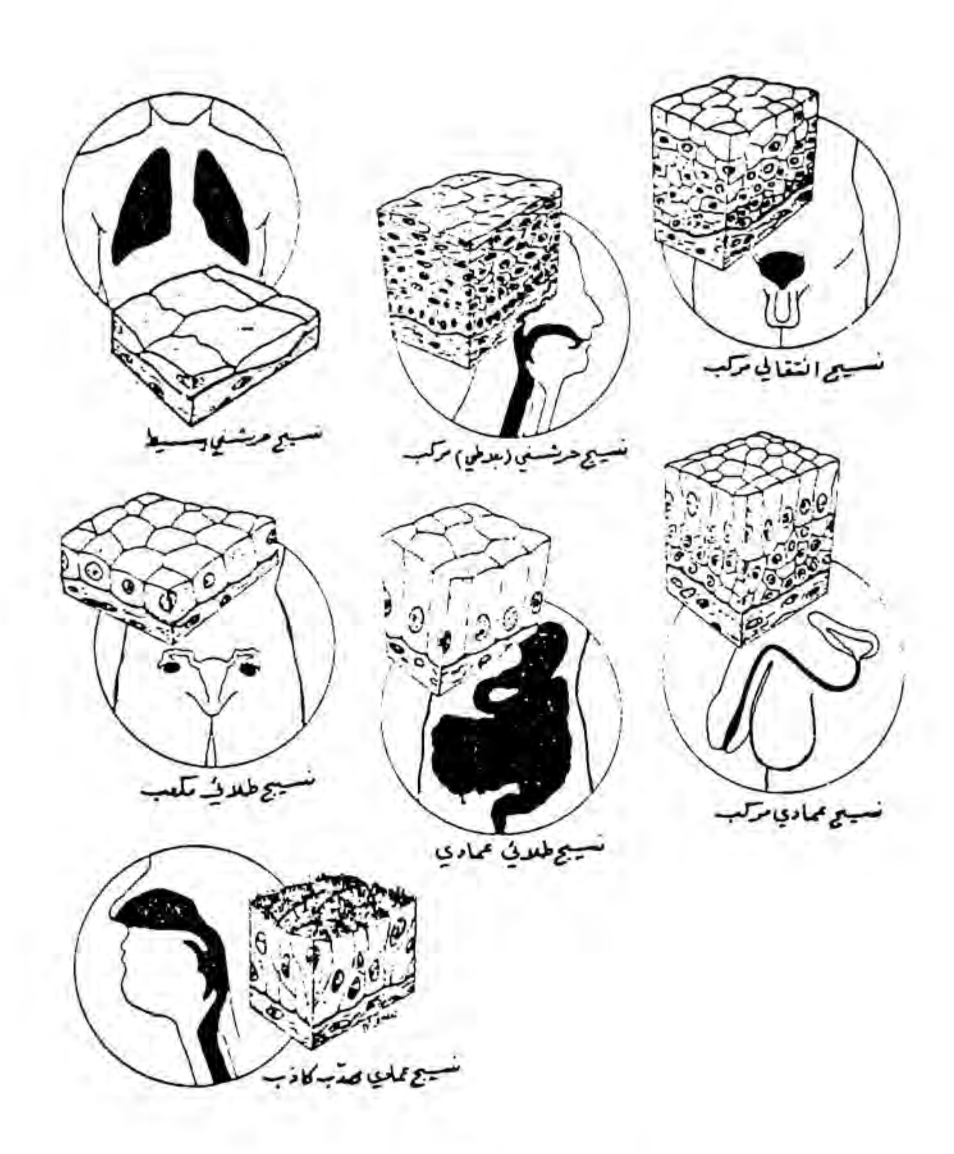
يتركب هذا النسيج من طبقة واحدة من الخلايا تنتظم في صف واحد وترتكز جميعها على الغشاء القاعدي ، وتختلف أشكال وأحجام خلايا هذا النسيج باختلاف أنواعه (لاحظ الشكل ٤ – ١) وهي :

أ – نسيج طلائي حرشفي (بلاطي) Squamous E. T. خلايا هذا النسيج رقيقة غير منتظمة أحياناً أو سداسية الشكل تجاور بعضها البعض فتبدو كالبلاط أو الحراشف . ويوجد هذا النسيج في أماكن مختلفة من جسم الانسان كالخلايا الطلائية المبطنة للأوعية الدموية ومحفظة بومان (الكلية) . وبشكل عام ، فإنّه يوجد في المناطق التي يحدث فيها انتشار أو ترشيح في الجسم . وعليه ، فهو يبطن الأوعية الدموية والحويصلات الهوائية للرئتين لتبادل الغازات .

ب – نسيج طلائي مكعب Cuboidal E. T. خلاياه مكعبة الشكل مؤلفة من ستة أوجه وأنويتها تتمركز في وسط الخلية . ويوجد هذا النسيج في كثير من الغدد كالغدد العرقية والغدد اللعابية .

جـ – نسيج طلائي عمادي Columnar E. T. خلاياه مطاولة مستطيلة تشبه الأعمدة وترتكز عمودية على الغشاء القاعدي ، وغالباً ما تكون أنويتها غاطسة بعيدة عن السطح ؛ ويوجد هذا النسيج مبطناً لقنوات الغدد وبعض أعضاء الجهاز الهضمي كالمعدة والأمعاء .

د – نسيج طلائي عمادي مهدب Ciliated Columnar E. T.خلاياه تشبه خلايا النسيج الطلائي العمادي إلاّ أنّها تختلف عنه بأنّ الحواف الحرة لخلايا هذا النسيج تحمل زوائد شعرية (أهداب) ذات حركة توافقية مستمرة مما تسبب حدوث تيار في السائل المجاور لها.ويوجد مثل هذا النسيج في بطانة التجاويف التنفسية وفي قناة البيض.



الشكل (٤-١) : أنواع النسيج الطلائي

هـ – نسيج طلائي عمادي كاذب .Pseudostratified C. E. T على الرغم ن جميع خلايا هذا النسيج ترتكز على غشاء قاعدي واحد ، إلاّ أن الخلايا تبدو مرتبة في أكثر من طبقة واحدة ، لهذا تبدو الأنوية منظمة في أكثر من صف ومن هنا جاءت تسمية ؛ ولعل ذلك يرجع إلى أنّ بعض خلايا النسيج قصيرة والبعض الآخر طويلة ومتداخلة بعضها مع بعض فتظهر وكأنها مرتبة في أكثر من طبقة واحدة . لكن إذا ما معنا النظر فإنّنا نلاحظ أن جميع الخلايا مرتكزة على الغشاء القاعدي . هذا وقد تحمل لأطراف الحرة للخلايا أهداباً ويطلق عليها عندئذ النسيج الطلائي العمادي الكاذب مهدب . وينتشر مثل هذا النسيج في الغشاء المخاطي للقصبة الهوائية والشعب الرئوية وكذلك الأغشية المبطنة لتجويف الأنف .

٢ – النسيج الطلائي المركب : .Compound Epithelium T

يتكون هذا النسيج من خلايا طلائية مرتبة في أكثر من طبقة واحدة بعضها فوق بعض كطبقة عليا ووسطى وطبقة سفلى كما في بشرة جلد الانسان . والطبقة السفلى أو القاعدية الملامسة للغشاء القاعدي ، تتألف من خلايا عمادية أو مكعبة ذات أنوية (نوى) كبيرة تتميز بأنهّا نشيطة تنقسم خلاياها بسرعة لذا تسمى بالطبقة المولّدة Ger-minative Leyer . كما تتميز بوفرة الغذاء الذي يصلها عن طريق الانتشار الغذائي ، لذا تدفع الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام إلى الخارج فتضغط بدورها على الخلايا القريبة من السطح فتموت نظراً للاحتكاك الدائم بينها وبين الوسط المحيط بها ليحل محلها طبقة أخرى من الداخل . أما الطبقة المتوسطة فتنشأ من الطبقة القاعدية وهي تدفع الطبقة العليا المؤلفة من خلايا مسطحة بلاطية أو حرشفية الشكل . ومن **أنواع النسيج الطلائي المركب** ما يلي :

أ – نسيج طلائي مركب حرشفي (بلاطي) .Stratified Squamous E. T ويوجد في مناطق مختلفة من الجسم في بشرة الجلد والفم .

ب – نسيج طلائي مركب عمادي .Stratified Columnar E. T ويوجد في أماكن معينة في الجسم كما في القناة البولية والحنجرة والمزمار .

جـ – نسيج طلائي مركب مكعب .Stratified Cuboidal E. T ويوجد في

قنوات الغدد العرقية والدهنية والحالب .

د – نسيج طلائي مركب انتقالي Transitional E. T. وهو نسيج خاص تتميز خلاياه بمرونتها ولها القدرة على التغير حسب الضغط الواقع عليها فتتقلص وتتمدد تبعاً لذلك . ويتكون النسيج من بضع طبقات (٣ – ٤) لكن خلاياه لا تتقشر كما في خلايا بشرة الجلد ، والخلايا العميقة تكون كبيرة وسميكة كمثرية الشكل . ويوجد هذا النسيج بشكل خاص في بطانة المثانة البولية وتقع فوقها خلايا قبيّة الشكل تحميها من تأثير البول (الحامضي) .

ثانياً : النسيج الطلائي الغدي : Glandular Epithelium T.

الغدة عبارة عن خلية أو مجموعة خلايا إفرازية انضمت لبعضها وكونت ما يسمى بالنسيج الغدي ؛ وافرازات الغدد ذات فائدة للجسم تؤدي وظيفة حيوية للجسم وتعمل على حفظ توازنه الفسيولوجي . وتستخلص الغدد عادة مكونات المركبات التي تفرزها من الدم ثم تدمجها معا وتصبها مرة ثانية داخل الجسم أو خارجه لكن بصورة مفيدة يتمم بها الجسم نشاطه وأعماله الحيوية . وتقسم الغدد بعدة طرق وهي :

١ – حسب عدد الخلايا ومنها :

أ – غدد وحيدة الخلية : وهي مكونة من خلية واحدة كبيرة الحجم ومبعثرة بين الأنسجة الطلائية مثل الخلايا الكأسية Goblet Cills (الشكل ٤ – ٢) . وتوجد هذه الخلايا مبعثرة بين خلايا النسيج الطلائي المبطن للقناة الهضمية ، ووظيفتها إفراز مادة مخاطية تعمل على ترطيب السطح الداخلي لقناة الهضم .

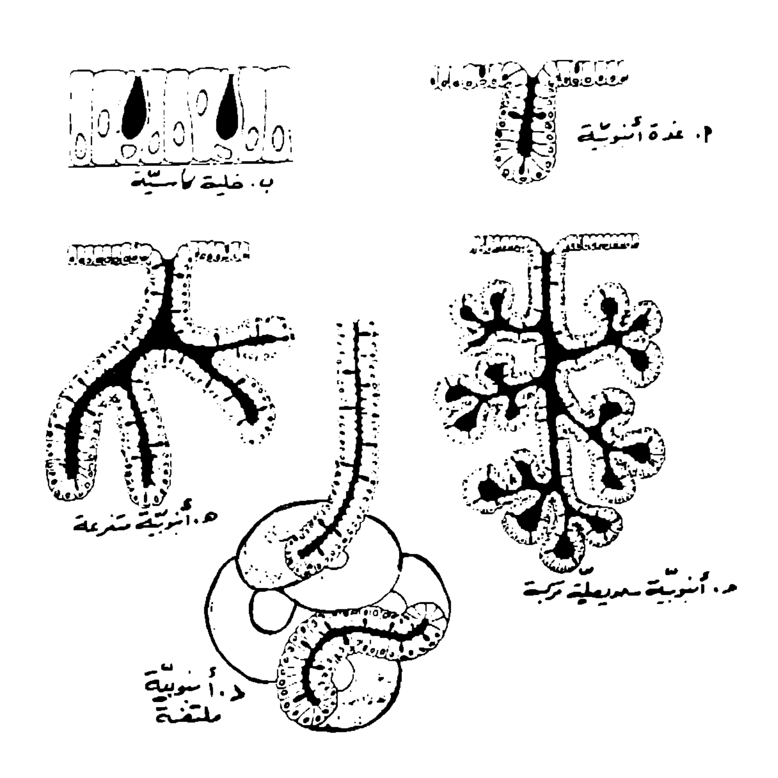
ب – غدد عديدة الخلايا : وتتكون الغدة من عدد كبير من الخلايا كما في بقية غدد الجسم (الشكل ٤ – ٢) . وتقسم هذه الغدد إلى نوعين :

١ – غدد بسيطة Simple G. وتكون قنوات الغدة مفردة غير متفرعة وتكون إما :

أ – أنبوبية Tubular وفيها تكون القناة إما مستقيمة أو ملتفة كالغدد العرقية أو

متفرعة كما في بعض غدد المعدة .

ب – أو حويصلية Alveolar وتبدو حويصلية متفرعة كما في الغدد الدهنية .



الشكل ٤–٢) : أنواع الغدد

٢ – حسب افرازات الخلية وتقسم إلى :

أ – غدد مخاطية : تفرز الغدد مادة مخاطية لترطيب السطح الملامس لها وتكون افرازاتها عادة خاملة كيماوياً .

ب – غدد مصلية : تفرز مادة كيماوية غنية بالأنزيمات تساعد في عملية هضم الغذاء .

جـ - غدد مختلطة : وتفرز مواد مخاطية وأخرى مصلية .

٣ - حسب المادة الكيماوية المفرزة وهي نوعان :

أ - غدد خارجية Exocrine G. وهي غدد لها قنوات تنقل افرازاتها إلى السطح الطلائي الخارجي أو الداخلي كالغدد الجلدية (افرازاتها سطحية) أو الغدد الهضمية (افرازاتها داخل القناة) .

ب - غدد داخلية Endocrine G. وهي غدد لا قنوية (صمّاء) تنقل افرازاتها إلى الدم مباشرة وافرازاتها تعرف بالهرمونات كما في الغدد الصمّاء .

٤ - حسب مساهمة الخلية - الغدة وتقسم إلى :

أ - تبقى الخلايا تامة بينما افرازاتها فقط تمر من خلايا الغشاء الخلوي إلى الخارج وتسمى Merocrine G. كما في الغدة البنكرياسية .

ب - تفقد بعض الخلايا جزءاً من السيتوبلازم مع المادة المفرزة وتعرف هذه الغدد باسم Apocrine G. كما في خلايا الغدد الثديية .

جـ - خلايا غدية تفقد كل الخلية مع المادة المفرزة ويطلق على هذه الغدد اسم Holocrine G. كما في الغدد الجنسية والغدد الدهنية .

وظائف النسيج الطلائي :

تنشأ الأنسجة الطلائية عادة لحماية الأعضاء من الخارج أو الداخل لكنها تتكيف لتؤدي وظائف خاصة أخرى وهي :

١ - الحماية Protection يشكل النسيج الطلائي غطاء سطحياً يتكون من مادة قرنّية ميتة لوقاية الجسم من المؤثرات والصدمات الخارجية كما في النسيج الطلائي لسطح الجلد .

٢ - الإفراز الداخلي Secretion كافراز مواد كيماوية عضوية معقدة ذات أهمية كبيرة تعمل على توازن الجسم الفسيولوجي كما في إفراز الهرمونات من الغدد الصماء .

٣ - الإفراز الخارجي Excretion ويتضمن إفراز مواد مختلفة خارج الجسم منها ما يعمل على حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة (كالعرق) ومنها ما يعمل على ترطيب الجسم وحفظه ليناً كما في إفرازات الغدد الدهنية .

٤ – الهضم والامتصاص Digestion and Absorption مثل إفراز انزيمات من غدد خاصة للمساعدة في هضم الطعام وامتصاص المواد الغذائية وايصالها للدم كما في النسيج الطلائي المبطن لقناة الهضم .

٥ – الاحساس Sensory Reception وتتضمن استقبال المنبّهات والمؤثرات الخارجية من الوسط المحيط بالانسان كما في العين والأنف وبراعم الذوق في اللسان .

٦ – التكاثر Reproduction ويتضمن إنتاج الخلايا التناسلية كما في النسيج الطلائي المكون للجاميتات .

٧ – انتاج حركة تيار خاصة ، بعضها يمنع دخول مواد غريبة إلى بعض فجوات الجسم كما في النسيج الطلائي المهدب في تجاويف الأنف ، ومنها ما يدفع البويضة في قناة البيض إلى الرحم للانبات أو البول إلى الخارج .

ثانياً : النسيج العضلي Muscle Tissue

يعتبر النسيج العضلي أكثر أنسجة الجسم انتشاراً ، إذ يشكل حوالي ٤٠٪ من وزن الجسم . ويتألف النسيج من وحدات أو خلايا مطاولة تسمى الألياف Fibers . والليفة (تناظرها الخلية في الأنسجة الأخرى) عبارة عن خلية مطاولة تعتبر الوحدة الأساسية للنسيج العضلي . ينشأ النسيج العضلي من طبقة الميزودرم أثناء التطور الجنيني. ويمتاز بقدرته على الانقباض والانبساط ولهذا يشترك في إحداث الحركات المختلفة للجسم . وتنتشر الأوعية الدموية بين الألياف العضلية لتغذية النسيج من جهة وتنظيم عمله من جهة ثانية .

يضم جسم الانسان **ثلاثة أنواع من النسيج العضلي** تختلف عن بعضها في التركيب والوظيفة والموقع ، وهذه العضلات (الشكل ٤ – ٣) هي :

١ – العضلات المخطّطة (الهيكلية) : Striated (Skeletal) Muscles

تشمل العضلات المخططة الجزء الأكبر من النسيج العضلي كما تشمل جميع العضلات الارادية في الجسم ؛ وتتصل بالهيكل العظمي للانسان ومن هنا جاءت التسمية ، ومن أمثلتها عضلات اليدين والرجلين والجذع . وتتصف العضلات الهيكليّة بالصفات التالية :

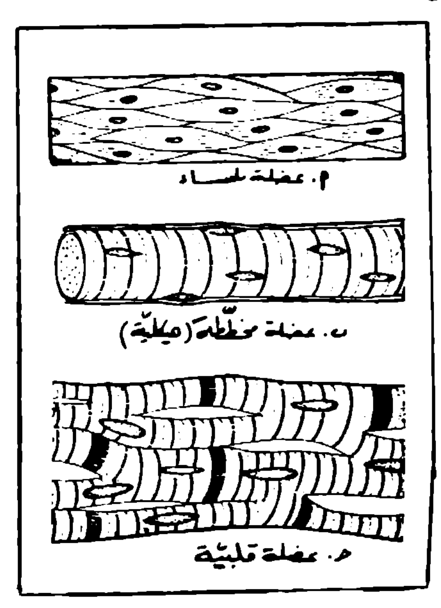
أ – تتركب العضلة من مجموعة ألياف عضلية وكل ليفة هي مدمج خلوي نشأ

عن عدة خلايا اسطوانية طويلة قد تصل أحيانا ٣٠سم أو أكثر وقطرها حوالي ١٠-١٦ ميكرون . وتحتوي الليفة على عدة أنوية Multinucleated منتشرة في السيتوبلازم وقريبة من الغشاء اللحمي الليفي (ساركوليما) ، كما تحتوي على عدد كبير من الميتوكندريا (لماذا ؟) .

ب - تتكون المنطقة الوسطى من الليفة من عدد كبير من الليّفات الصغيرة Myofibrils مرتبة طولياً وموازية للمحور الطولي .

جـ - تتألف كل ليفة من حزم أو أشرطة بعضها معتم وبعضها مضيء بشكل متبادل مع بعضها البعض وبانتظام ، ولذا توصف العضلات بأنّها مخططة .

د - للانسان القدرة على تحريك هذه العضلات إرادياً Voluntary ، كما لها القدرة على الانقباض بسرعة كبيرة لكنها سريعة التعب والانهاك ؛ ولهذا إذا ما حركت عضلات يديك أو رجليك عدة مرات فإنّك لا تلبث أن تشعر بالتعب . والجدير بالذكر أنّ هذه العضلات قد **تتحرك حركة غير إرادية** خاصة في فصل الشتاء أو عند انخفاض درجة حرارة الجو ، فقد يشعر الانسان أحياناً بالارتجاف وتتحرك معها العضلات ؛ وكنتيجة لحركتها الجزئية فإنّها تولد طاقة وحرارة بحاجة لها الانسان لتدفئته وللمحافظة على درجة حرارة جسمه ثابتة .



الشكل (٤-٣) : أنواع العضلات

أما بالنسبة لتفسير آليّة انقباض العضلات الارادية – الهيكلية فلا تزال في مرحلة تجريبية ؛ فقد وضع عالم بريطاني (هكسلي) فرضية لتفسير آلية انقباض العضلة تدعى **فرضية الخيوط المنزلقة** . وتعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهري الدقيق لألياف العضلة ، إذا إنّ كل ليفة عضلية تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية : الأولى خيوط رفيعة تدعى بالخيوط الاكتينية(Actin) والثانية خيوط غليظة تدعى بالخيوط الميوزينية (Myosin) ؛ وبعد مقارنته – باستخدام المجهر الالكتروني – لليفة عضلية في حالة انقباض بأخرى في حالة الراحة استنتج (هكسلي) أن الخيوط البروتينية المكونة للعضلة (الاكتين والميوسين) تنزلق الواحدة فوق الأخرى لتسبب انقباض العضلة . إلاّ أن هذه الفرضية لا تستطيع تفسير آلية انقباض العضلات الملساء وذلك لاختلاف ترتيب الخيوط البروتينية المكونة لألياف العضلات الملساء عن ترتيب نظيرتها في العضلات الارادية ، علاوة على أنّ بعض التقارير العلمية الحديثة تشير إلى أنّ الخيوط البروتينية في ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع واحد يشبه إلى حد كبير الخيوط الاكتينية للعضلات الارادية .

٢ – العضلات الملساء (اللاإرادية) : Smooth (Involuntary) Muscles

توجد هذه العضلات في مناطق مختلفة من جسم الانسان كما في عضلات القناة الهضمية في المعدة والأمعاء وجدر الأوعية الدموية والرحم والمثانة البولية وقنوات الغدد . وتتميز **العضلات الملساء بالصفات** التالية :

أ – تتركب العضلة من ألياف مغزلية الشكل مدببة الطرفين ومنتفخة بالوسط ؛ وهي قصيرة إذا قورنت بألياف العضلات الهيكلية . وتحتوي كل ليفة على عدد من الخيوط الرفيعة يطلق عليها الليّفات العضلية التي يؤدي تقلصها إلى انقباض الليفة .

ب – تحتوي كل ليفة على نواة واحدة Uninucleated بيضوية الشكل تقع في وسط الليفة ومحاطة بكمية قليلة من السيتوبلازم (الساركوبلازم) .

جـ – لا تحتوي الليفة على الأشرطة القاتمة والأشرطة المضيئة كما في العضلات

المخططة ، لذلك توصف بأنها ملساء ومنها أخذت التسمية .

د - ليس للانسان القدرة على التحكم في حركتها بل تتحرك حركة غير إرادية ولا يدركها الجهد والتعب بسهولة كما في العضلات المخططة .

٣ - العضلة القلبية : Cardiac Muscle

يقتصر وجود هذا النوع من العضلات على جدار القلب فقط . وهي تجمع بين صفات العضلات المخططة والعضلات الملساء ، **وتتصف العضلة القلبيّة** بما يلي :

أ - تتركب عضلة القلب من ألياف عضلية اسطوانية قصيرة لكنها متفرعة تتصل فروعها بعضها ببعض مكونة نسيجاً عضلياً متصلاً .

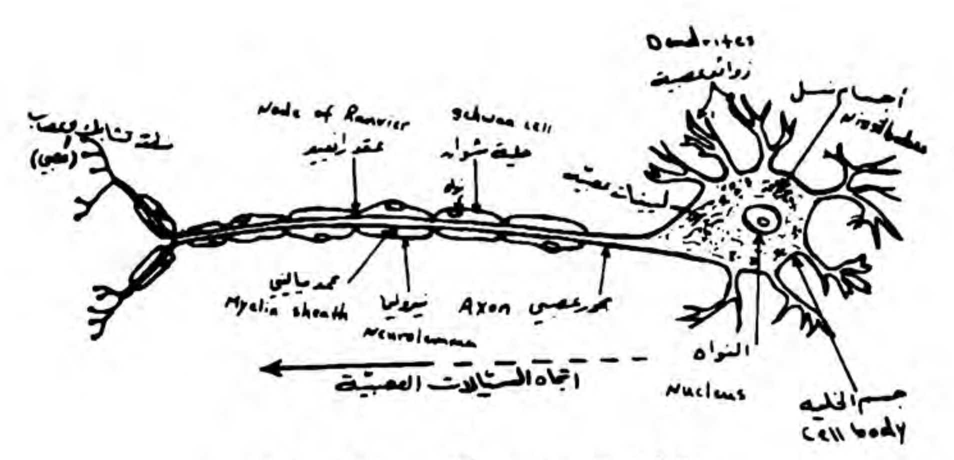
ب - كل ليفة قلبية مكونة من لييفات واضحة تماماً ، وكل ليفة تحتوي على نواة واحدة موجودة في وسط الليفة كما في العضلات الملساء .

جـ - تحتوي الليفة على مناطق قاتمة وأخرى باهتة لذا تبدو مخططة كما في العضلات الهيكلية ؛ وعند اتصال الليفة بالأخرى تبدو مسننة بأجزاء تسمى الأقراص البينية Intercalated Discs التي تجعل القلب ينبض بصورة متزنة كوحدة وظيفيّة واحدة .

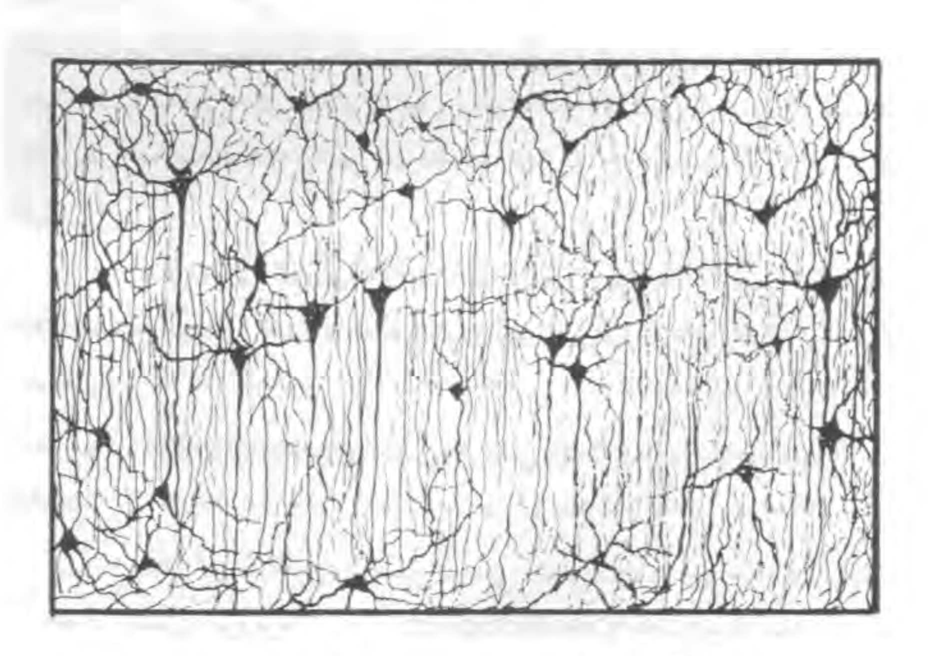
د - ليس للانسان القدرة على التحكم في حركتها ، بل لها القدرة على الانقباض والانبساط ذاتياً وهي غير قابلة للانهاك والتعب مقارنة بالعضلات الهيكلية .

ثالثاً : النسيج العصبي Nervous Tissue

النسيج العصبي هو المسؤول عن تسلم المنبهات المختلفة التي تقع على الجسم سواء من الخارج أو الداخل ، وبالتالي يجعل الانسان على اتصال مباشر مع ما يحدث في داخل الجسم أو خارجه . كما أنه يعتبر مركزاً أساسياً لأعضاء الحس المختلفة والتفكير والوعي ... والارادة . وينشأ النسيج العصبي من طبقة الاكتودرم في التطور الجنيني . وهو يتألف من جزأين (الشكل ٤ - ٤ والشكل ٤ - ٥) هما :



الشكل (٤ – ٤) : تركيب الخلية العصبيّة



الشكل (٤ – ٥) : نسيج عصبي من قشرة الدماغ

١ - **الخلايا العصبيّة** : Nerve Cells وهي الوحدة الأساسية للنسيج ؛ كما أنها النوع الرئيسي في النسيج وتشكل حوالي ١٠٪ من النسيج العصبي وتختص باستقبال المنبهات ونقلها على صورة سيالات عصبية والاستجابة لهذه المنبهات في الغدد والعضلات . ولهذا تقسم الخلايا العصبية حسب وظيفتها إلى خلايا عصبية حسيّة وأخرى حركية وثالثة وسطية أو بينّية . وتوجد الخلايا العصبية بشكل رئيسي في الدماغ والحبل الشوكي والعقد العصبية في مختلف المواضع في الجسم بينما محاورها وتشعباتها هي التي تنتشر في أجزاء الجسم المختلفة .

تتألف الخلية العصبية (لاحظ الشكل ٤ - ٤) من ثلاثة أجزاء هي : جسم الخلية، ويحتوي النواة ومكونات الخلية ، وزوائد عصبية تبرز من جسم الخلية تعمل على توصيل السيالات العصبية إلى جسم الخلية ، وزائدة طولية تنتهي بتفرع شجري تسمى المحور ، وسنتحدث عنها بشيء من التفصيل في الفصل الثامن .

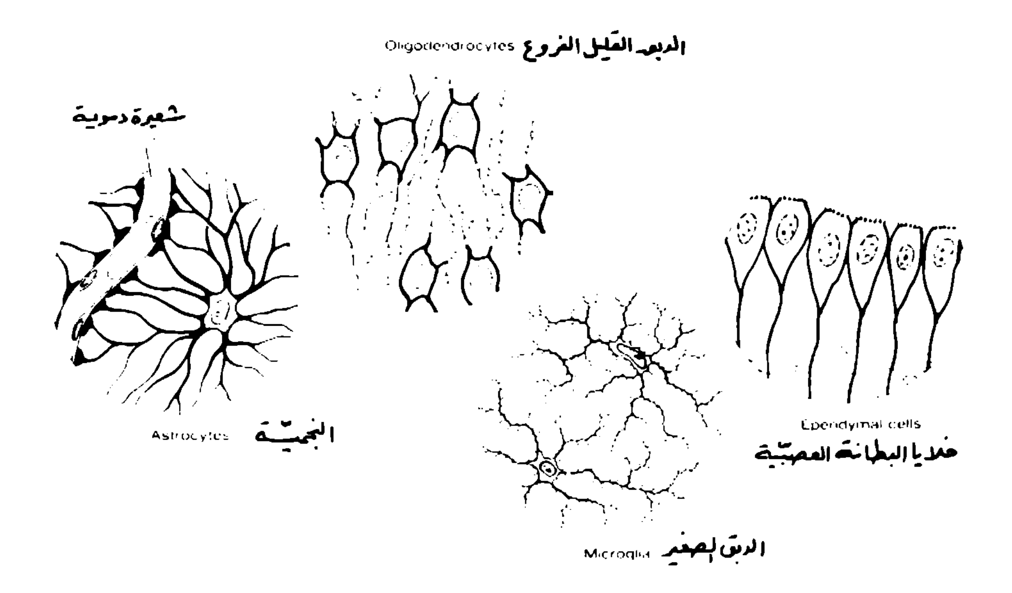
٢ - **خلايا الغراء (الدبق) العصبي** : Glial Cells وتربط الخلايا العصبية بعضها ببعض وبالتالي تعمل على تدعيم النسيج العصبي وتساهم في تغذية الخلايا العصبية ونقل الفضلات من العصبونات إلى الد ، ونسبتها حوالي (١٠ : ١) تقريباً وبالتالي تحاط كل خلية عصبية بحوالي عشر خلايا غرائية . وخلايا الغراء (الدبق) العصبي (أو الساندة) خلايا غير متخصصة للتنبه والنقل ويوجد منها عدة أنواع وهي (الشكل ٤ - ٦) كما يلي :

١ - خلايا البطانة العصبية Ependymal Cells وهي خلايا عصبية لها صفات خلايا النسيج الطلائي العمادي تعمل على تبطين تجاويف الدماغ والنخاع الشوكي (للحماية) .

٢ - خلايا الغراء (الدبق) العصبي الرئيسي Glia Cells ويوجد منها الأنواع التالية :

أ - خلايا الغراء (الدبق) العصبي النجمي Astrocytes ويوجد منها نوعان : (أ) الغراء (الدبق) البروتوبلازمي Protoplasmic خلايا ذات أنوية كبيرة ، وفيها البروتوبلازم حبيبي ترتبط زوائدها العصبية بالأوعية الدموية . (ب) الغراء (الدبق)

نيفي ، وهي خلايا ملساء ذات زوائد عصبية طويلة نسبياً ترتبط بالأوعية الدموية .



الشكل (٤-٦) : أنواع خلايا الغراء (الدبق) العصبي

ب - خلايا الغراء (الدبق) الصغير Microglia خلايا ذات أنوية صغيرة تحاط بطبقة بروتوبلازمية نحيفة ؛ وتكون زوائد جسم الخلية مزودة بأشواك .

جـ - خلايا الغراء (الدبق) القليل الفروع Oligodendrocytes وهي خلايا أصغر حجماً من الخلايا (النجمية) ، لها أنوية صغيرة مع عدد قليل من زوائد عصبية نحيفة .

رابعاً : النسيج الضام Connective Tissue

يعتبر هذا النسيج أكثر أنسجة الجسم تنوعاً واختلافاً إذ إنّه يشمل مجموعة

متباينة من الأنسجة كما سنرى فيما بعد . ينشأ النسيج الضام من طبقة الميزودرم في التطور الجنيني ، ويعمل على ضم وربط أنسجة وأعضاء الجسم المختلفة ؛ هذا بالإضافة إلى أنه يشكل دعامة أساسية للجسم كما في العظم والغضاريف . ومن **مميزات** هذا النسيج (الضام) ما يلي :

أ - خلاياه قليلة ومتباعدة بعضها عن بعض .

ب - يحتوي على كمية كبيرة من المادة بين خلوية بالنسبة للحجم الكلي للنسيج . وتتركب المادة بين الخلوية من مادة أرضية يترسب فيها مواد تختلف باختلاف نوع النسيج ، فقد تكون صلبة كما في نسيج العظم أو نصف صلبة كما في الأنسجة الغضروفية أو سائلة كالدم . ويشمل النسيج الضام **مجموعة متباينة من الأنسجة** تقسم عادة إلى قسمين :

١ - النسيج الضام الأصلي .

٢ - النسيج الضام الهيكلي .

وقد يضيف بعض المؤلفين النسيج الوعائي على اعتبار أنه من الأنسجة الضامة ، إلا أننا سنعالجه هنا كنسيج خاص قائم بذاته .

أولاً : النسيج الضام الأصلي : Connective Tissue proper

وظيفة هذا النسيج ربط أنسجة وأعضاء الجسم المختلفة ، ويوجد منه عدة أنواع (الشكل ٤ - ٧) وهي :

١ - النسيج الضام الخلالي : Areolar Loose C. T. يوجد هذا النسيج غالباً تحت الجلد في منطقة الأدمة وبين العضلات . وهو من أكثر الأنسجة الضامة انتشاراً في الجسم ؛ ويمتاز بأنه يجمع بين درجة متوسطة من الصلابة ودرجة كبيرة من المرونة تسمح بعودة النسيج إلى مكانه إن وقع عليه ضغط . ويتركب هذا النسيج من عدد كبير من الألياف Fibers المتقاطعة في جميع الإتجاهات وتحصر بينها فجوات هوائية ؛ أما المادة الخلالية التي تربط الألياف بعضها ببعض فهي عبارة عن مادة بروتينية متجانسة تسمى ميوسين Mucine ينتشر فيها أنواع عديدة من الخلايا هي :

أ - خلايا أكوله (ملتهمة) Macrophages وهي خلايا كبيرة الحجم ذات أنوية (أو نوى) بيضوية تكون ثابتة أو متجولة في النسيج شكلها أميبي ، ووظيفتها وقاية النسيج من الأمراض وذلك بمهاجمة المواد الغريبة في النسيج والتهامها وهضمها .

ب - الخلايا الليفية (فيروبلاست) Fibroblasts وهي أكثر الخلايا وجوداً وانتشاراً في النسيج الضام . وهي خلايا كبيرة الحجم مطاولة تتراوح ما بين شكل مغزلي أو خلايا متفرعة ذات أنوية كبيرة نسبياً وكمية قليلة من السيتوبلازم . ووظيفة الخلايا إفراز الألياف ولذلك تسمى خلايا الألياف Fibrocytes .

جـ - خلايا حاملة الألوان Chromatophores وهي خلايا حاملة للأصباغ والألوان توجد في مناطق مختلفة في جسم الانسان خاصة تحت الجلد وفي العين فتسبب تلون المنطقة التي توجد فيها . ومن هذه الخلايا ما يسمى بخلايا الميلانوسايت Melanocytes أي الخلايا المنتجة لصبغة الميلانين في الجلد .

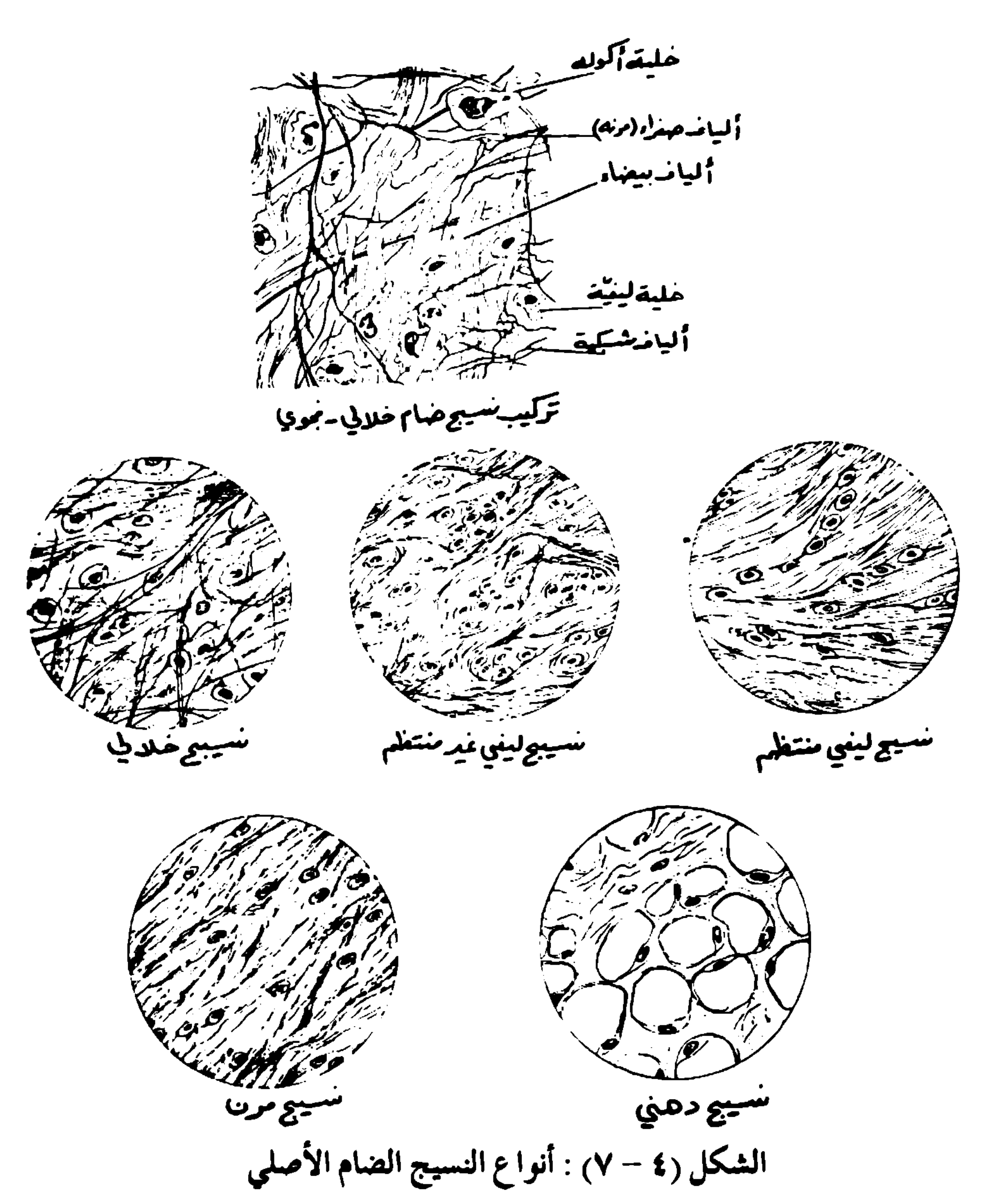
د - خلايا دهنية Fat Cells وهي خلايا كبيرة الحجم فيها فجوة كبيرة مملوءة بالمواد الدهنية على حساب السيتوبلازم ولذلك تبدو الأنوية طرفية ؛ وتوجد الخلايا إمّا فرادى أو في كتل أو مجموعات ، ومن أمثلتها الخلايا الدهنية الموجودة تحت الجلد .

هـ - خلايا الدم اللمفية والخلايا البلازمية Leucocytes يوجد منها أنواع مختلفة في النسيج ولها علاقة قوية بمناعة الجسم ووقايته من الأمراض .

و - الخلايا الصارية Mast Cells وهي خلايا غير شائعة توجد على طول الأوعية الدموية ؛ وهي كبيرة الحجم غير منتظمة ذات أنوية صغيرة الحجم يعتقد أنها تفرز مادة الهيبارين Heparin الذي يمنع تخثر الدم . كما تفرز مادة أخرى تدعى الهستامين Histamine وهو موسع للأوعية الدموية .

أما ألياف النسيج فتشمل على الأنواع التالية :

أ - الألياف البيضاء White (Collagenous) Fibers وهي أكثر الألياف انتشاراً ؛ وهي كبيرة غير ملونة توجد على شكل حزم متعرجة وتتقاطع لكنها لا تتصل ببعضها أبدا ، وتتكون من مادة بروتينية تسمى كولاجين Collagen تفرزها الخلايا الليفية السابقة الذكر .



الشكل (٤ – ٧) : أنواع النسيج الضام الأصلي

ب – الألياف الصفراء Yellow (Elastic) Fibers وتوجد بشكل منفرد في خطوط مستقيمة متفرعة غير متموجة كالألياف البيضاء وهي صفراء اللون تتفرع وتتشابك مع بعضها البعض ، وتتكون من مادة الايلاستين Elastine التي تتميز بمرونتها وبمقاومتها للغليان .

جـ – الألياف الشبكية Reticular Fibers وهي ألياف رفيعة جداً وناعمة غير

مرنة ، تشبه الألياف البيضاء من حيث تركيبها الكيماوي ، وتتميز بأنها تتفرع وتتشابك تكون شبكة رفيعة كما في بعض الغدد ؛ وهي قليلة الانتشار متناثرة هنا وهناك في النسيج الضام .

٢ - النسيج الضام الليفي Fibrous C. T. يشبه هذا النسيج من حيث المبدأ النسيج الضام الخلوي ، لكنه يختلف عنه في نسب أنواع الألياف المكونة له ، إذ يحتوي على نسبة عالية من الألياف بأنواعها المختلفة ولكن بنسب مختلفة ، فإذا زادت نسبة الألياف البيضاء يفقد النسيج مرونته كما في الأوتار Tendons التي تربط العضلات بالعظام ؛ وإذا زادت نسبة الألياف الصفراء زادت مرونة النسيج كما في الأربطة Ligaments التي تربط العظام بعضها ببعض . وبوجه عام ، يكون عدد الألياف البيضاء أكثر من الصفراء وتكون الألياف إما منتظمة أو غير منتظمة .

٣ - النسيج الضام المرن Elastic C. T. في هذا النسيج يزيد عدد الألياف الصفراء على نظيرتها البيضاء وتكون مرتبه في حزم وتتميز بمرونتها وتحملها للشد كما في الأربطة ؛ كما ترتبط العضلات بعضها ببعض بمثل هذا النوع من الأربطة يطلق عليها Aponeuroses . ويوجد هذا النسيج في الأحبال الصوتية للفقاريات .

٤ - النسيج الضام الدهني Adipose C. T. ينتشر هذا النسيج في مناطق مختلفة من الجسم وتحت الجلد ويكثر في المرأة والشخص البدين . يتكون هذا النسيج من خلايا دهنية كثيرة العدد لدرجة أنها تسود على بقية الخلايا الأخرى . والخلية الدهنية كبيرة كروية أو بيضوية الشكل ، تمتلىء بالمواد الدهنية على حساب السيتوبلازم ولهذا تبدو نواتها طرفية . وترجع أهمية هذا النسيج إلى أنه يشكل طبقة عازلة للجسم كما أنه مخزن للطاقة الحرارية يستعمل في حالة قلة الغذاء ، ويستخدم أيضا في ملء الفراغات الموجودة بين أعضاء الجسم وأجهزته وبذا يعمل كوسادة ناعمة لها .

٥ - النسيج الضام الشبكي Reticular C. T. ألياف هذا النسيج من النوع الشبكي السابق ذكره، لذا أليافه متفرعة ومتشابكة تكوّن شبكة ؛ ويكثر هذا النسيج في الكبد والطحال .

٦ – **النسيج الضام المخاطي** Mucus C. T. يتميز بأنّ أليافه وخلاياه قليلة العدد؛ وخلاياه نجمية الشكل منغمسة في مادة خلالية شبه سائلة جيلاتينية. كما يحتوي هذا النسيج على خلايا ليفية وقد تحتوي خلايا لمفية Lmphocytes وخلايا أكوله ؛ وترجع أهمية هذا النسيج في تكوين ما يسمى Wharton's Jelly في الحبل السري لأجنة الحيوانات الثديية .

ثانياً : النسيج الضام الهيكلي : Skeletal Connective T.

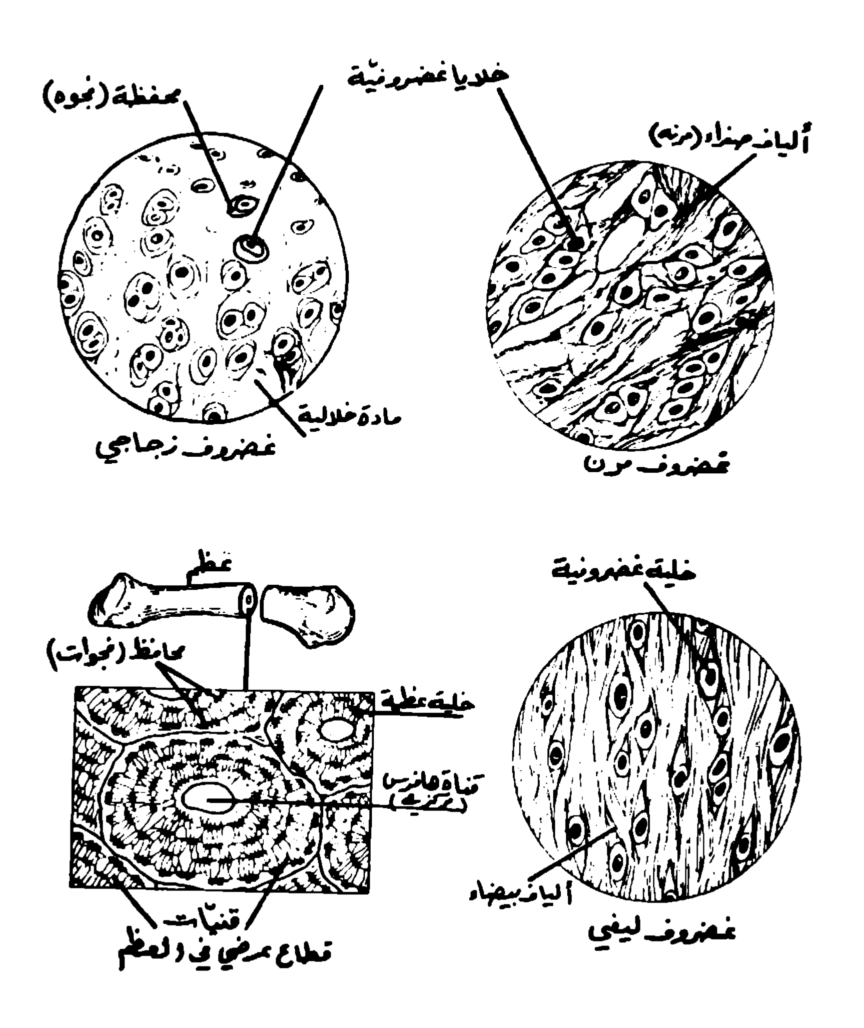
يكوّن هذا النسيج الهيكل الداخلي لجسم الانسان والحيوانات الفقارية الأخرى. وتختلف المادة بين الخلوية حسب نوع النسيج فهي إمّا أن تكون صلبة كالعظام أو نصف صلبة كالغضاريف . ويمتاز هذا النسيج عن الأنسجة الرئيسية الأخرى بقدرته على التكاثر السريع ويظهر هذا جيداً عند كسر العظام وسهولة التئامها وتكوين نسيج جديد عند موضع الكسر ، ووظيفته الرئيسية هو دعامة الجسم . وعليه ، هناك نوعان من هذا النسيج (الهيكلي) هما : العظم والغضروف (الشكل ٤ – ٨) :

١ – **العظم** Boneوهو نسيج ضام هيكلي يتميز بصلابته بسبب وجود أملاح الكالسيوم مثل فوسفات وكربونات الكالسيوم والمادة بين الخلوية تسمى العظمين Oss-ein .

وتنشأ العظام من طبقة الميزودرم في التطور الجنيني ؛ وعند تكوينها لا تكون بالصلابة التي نألفها في العظام ، وهي إمّا أن تسبقها غضاريف التي لا تلبث أن تتآكل ويحل محلها خلايا عظمية ويسمى هذا النوع من العظام **بالعظام الغضروفية** كما في عظام العمود الفقري والأطراف ، أو تنشأ من خلايا عظمية أصلية وترسبات أملاح الكالسيوم وتسمى عندئذ **بالعظام الغشائية** أو الكلسية كما في عظام الوجه والجمجمة. ليست العظام سهلة أو بسيطة في تركيبها مثل أنسجة الجسم الأخرى ، بل تعتبر من أعقد الأنسجة الجسمية في التركيب . وبوجه عام ، هناك نوعان من **النسيج العظمي** هما :

١ – **النسيج العظمي الاسفنجي** : Cancellous (spongy) bone ويوجد في نهايات العظام الطويلة . ويحتوي على فراغات واسعة تعترضها حواجز عظمية

متشابكة من أحجام وأشكال مختلفة . وتكسب العظم المناعة والقوة ومقاومة التغيرات في الشكل .



الشكل (٤ – ٨) : أنواع النسيج الهيكلي

٢ – النسيج العظمي الكثيف (أو المكتنز أو المصمت) : Compact Bone ويوجد في الأجزاء الخارجية من العظام وبخاصة في العظام (الطويلة) . وتكون الخلايا العظمية مرتبة في وحدات تعرف بنظام أو جهاز هافرس . وبشكل محدد ، يبدو العظم الكثيف تحت عدسة الميكروسكوب مكوناً من مجاميع مختلفة تعرف بمجاميع هافرس Haversion system . ويتوسط كل مجموعة قناة رئيسية تمتد طولياً في العظم تعرف بقناة هافرس Haversion Canal أو القناة المركزية . ويحيط بهذه القناة عدد من الصفائح تنتظم على صورة دوائر تسمى Lamella . وتنتظم خلايا العظم Osteocy-tes في هذه الصفائح الدائرية . والخلايا العظمية متفرعة تتشابك فروعها بعضها ببعض ويحيط بكل خلية عظمية فجوة أو محفظة تسمى Lacuna وقد توجد خليتان عظميتان داخل محفظة واحدة . وتوصل الفجوات (المحافظ) أو تفرعات الخلايا العظمية بقنّيات دقيقة جدا Canaliculi . والجدير بالذكر أن قنوات هافرس تحتوي على أوعية دموية لتغذية النسيج كما تحتوي أيضاً على أعصاب يربطها نسيج ضام . هذا، وتجري القنوات متوازية وموازية للمحور الطولي للعظمة ، والمسافات الواقعة بين مجاميع هافرس خالية من قنوات هافرس وفيما عدا ذلك تشبه في تركيبها مجاميع هافرس نفسها (لاحظ الشكل ٤ – ٨) .

٢ – الغضروف Cartilage وهو نسيج ضام هيكلي مائل للزرقة ؛ وهو صلب لكنه على جانب من المرونة لدرجة الانثناء ويشكل الجزء الأكبر من هيكل جنين الفقاريات . كما يكوّن الهيكل الكامل لبعض الحيوانات كالأسماك الغضروفية (سمك القرش) أما في الحيوانات التامة النمو فيقتصر وجوده على أماكن معينة في الجسم فهو يرتبط مع العظام أينما تتلاقى أو تتصل ببعضها ، كما يوجد مع أعضاء الجسم التي تحتاج إلى صلابة مع قدر مناسب من المرونة كما في صيوان الأذن وقناة استاكيوس ولسان المزمار والقصبة الهوائية والأنف .

يتركب الغضروف (الشكل ٤–٨) من خلايا غضروفية Chondrocytes تنتظم في مجموعات ثنائية أو أكثر فتعطي بذلك نسيجاً أكثر تماسكاً إذ إنّ الخلايا الناتجة تظل ملاصقة للخلايا الأولية المنقسمة ، وتحيط بكل خلية أو أكثر محفظة تظهر الخلية الغضروفية أو مجموعة الخلايا سابحة فيها ، ويفصل الخلايا بعضها عن بعض مادة

خلالية بروتينية تسمى الغضروفين Chondrin ويحيط بالغضروف من الخارج غشاء ليفي يسمى الغشاء الغضروفي Perichomdrium مزود بالأوعية الدموية والأعصاب حيث يستمد منها الغضروف غذاءه .

تقسم الغضاريف حسب تركيبها إلى ثلاثة أنواع (لاحظ الشكل ٤–٨) هي :

أ – **الغضروف الزجاجي** .Hyaline C وهو أكثر الغضاريف انتشاراً ومنه يتكون العظام ؛ وفيه المادة الخلالية متجانسة شفافة رائقة . وهو بوجه عام غضروف صلب لكنه يظهر شيئاً من المطاطية تسمح بمرور الأوعية الدموية خلاله (هذا استثناء إذ إنّ القاعدة العامة أنّ الأوعية الدموية لا تدخل الغضروف) لتغذية الأنسجة المجاورة ومن أمثلته غضاريف الضلوع والحنجرة والقصبة الهوائية .

ب – **الغضروف الليفي** .Fibrous C تحوي المادة الخلالية أليافاً بيضاء كما في الأقراص الغضروفية التي تفصل الفقرات .

جـ – **الغضروف المرن** .Elastic C تحوي المادة الخلالية أليافاً صفراء مما يكسب الغضروف مرونة كما في غضاريف الأذن ولسان المزمار والأنف .

خامساً : النسيج الوعائي Vascular Tissue

على الرغم أنّ بعض المؤلفين يعتبرون هذا النسيج نوعاً خاصاً من النسيج الضام إلاّ أننّا سنعالجه كنسيج رئيسي خاص . يشمل النسيج الوعائي الدم واللمف (لمزيد من التفصيل راجع الفصل العاشر) ويتميز (النسيج الوعائي) عن بقية الأنسجة الضامة بما يلي :

أ – المادة الخلالية سائلة تسمى البلازما وفيها تسبح خلايا النسيج .

ب – خلايا النسيج (كرات الدم) ليس لها علاقة بتكوين المادة الخلالية .

جـ – المادة الخلالية (البلازما) لا تحتوي على أية ألياف أثناء الحياة إلاّ عند تجلط الدم أثناء تعرضه للهواء . ومن أمثلة النسيج الوعائي : الدم واللمف .

أولاً : الدم Blood سائل يملأ الأوعية الدموية ويتألف من :

أ – البلازما وهو محلول مائي (٩٠٪ ماء) تسبح فيه مكونات الدم الأخرى .

ب – كرات الدم الحمراء ووظيفتها نقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة وثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين .

جـ – كرات الدم البيضاء ووظيفتها تكسب الجسم مناعة وتقيه من الأمراض .

د – الصفائح الدموية ولها دور هام في عملية تجلط الدم .

ثانياً : اللمف Lymph وهو سائل عديم اللون يشبه بلازما الدم لكنه يحتوي على نسبة أقل من البروتينات ؛ ويعمل اللمف كوسيط بين الدم وأنسجة الجسم المختلفة، فهو يأخذ من الدم الغذاء والأكسجين ويوصلهما إلى خلايا الجسم ؛ بينما يأخذ من الخلايا غاز ثاني أكسيد الكربون والفضلات الاخراجية ويوصلها إلى الدم . ويتجمع اللمف في أوعية خاصة تسمى الأوعية اللمفاوية التي تصب أخيراً في الدورة الدموية للجسم.

الفصل الخامس

الجلد - غطاء الجسم - Integument system

The Skin

الجلد أو الغطاء الخارجي للجسم ، هو أكبر أجهزة الجسم ؛ له وظائف متعددة أساسية لبقاء الانسان . فهو غطاء متين مرن يحفظ ويغطى بقية أجهزة الجسم الأخرى، ولهذا يعتبر **خط الدفاع الأول** في الجسم . يختلف سمك الجلد حسب العمر والجنس والنوع ومنطقة الجسم . فعلى سبيل المثال ، نجد جلد الظهر أكثر سمكاً من جلد البطن كما تكون بشرة الجلد سميكة في كعب الرجل وراحة اليد وهكذا . يتميز جلد الانسان بأنّ له القدرة على إصلاح نفسه إذا ما تعرض للجروح أو الخدوش من حين لآخر .

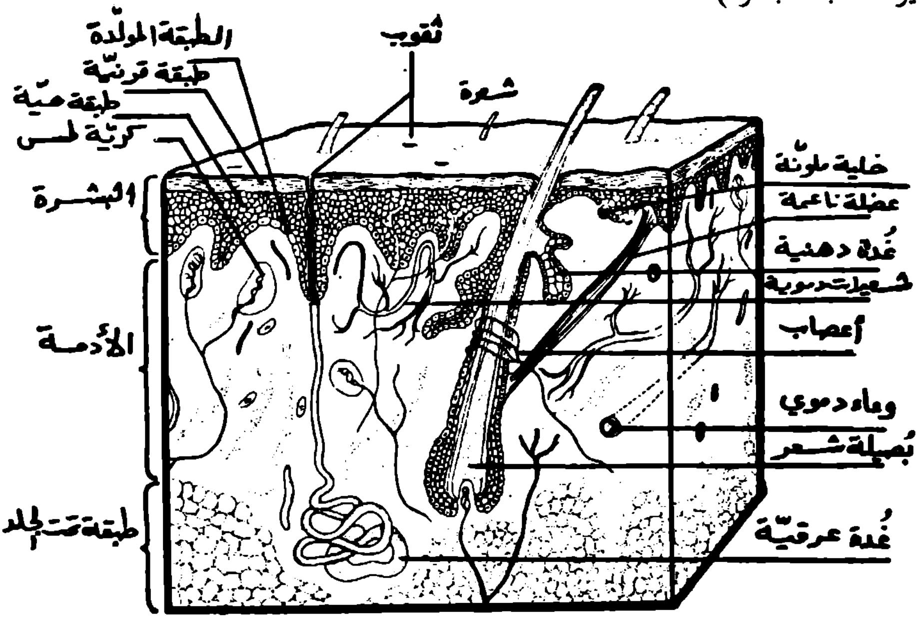
تركيب الجلد Skin Structure

يبيّن الشكل (٥-١) أنّ الجلد يتألف من طبقتين أساسيتين هما : طبقة خارجية تسمى البشرة وأخرى داخلية تسمى الأدمة .

١ - البشرة : Epiderms

تنشأ البشرة من طبقة الاكتودرم في التطور الجنيني ؛ ويختلف سمكها حسب

نوع الحيوان والبيئة التي يعيش فيها . وتتألف البشرة من عدة طبقات من الخلايا (نسيج طلائي مركب) : طبقة عليا ، وطبقة وسطى ، وثالثة سفلى . الطبقة العليا (الخارجية) عبارة عن خلايا مفلطحة قرنية تحتوي على مادة الكيراتين Keratin تنسلخ من الجسم من حين لآخر على شكل قشور ؛ وقد تكونت هذه الطبقة نتيجة لانقسام خلايا الطبقات العميقة ذات الخلايا العمادية أو المكعبة والتي تكون خلايا الطبقة الوسطى . كما تتميز الطبقة العميقة (السفلى) باحتوائها على خلايا تحتوي على حبيبات وصبغات ملونة تكسب الجلد اللون المميز له وأهم هذه الصبغات الميلانين Melanin ؛ ويختلف مقدار هذه الصبغة تبعاً للشعوب (الوراثة) فتوجد بكثرة عند الزنوج بينما تكون قليلة في الشعوب الأخرى . وبشرة الجلد لا تحتوي على أوعية دموية ولهذا لا ينزل الدم إذا تعرض الجلد لخدوش أو جروح بسيطة غير عميقة ، وتتغذى خلايا البشرة بواسطة الانتشار الغذائي من منطقة الأدمة . هذا وتتخلل البشرة أو تجاورها نهايات أعصاب لاستقبال المنبّهات العصبية من الخارج ، كما ينتشر على السطح الخارجي للبشرة ثقوب صغيرة كثيرة هي فتحات الغدد العرقية التي منها يتسرب العرق . وعليه ، (استنتج مميزات طبقة البشرة) .



الشكل (٥ - ١) : تركيب جلد الانسان

٢ – الأدمة : Dermis

طبقة سميكة تقع أسفل البشرة وتتكون من نسيج ضام يحتوي على عدد كبير من الشعيرات الدموية ونهايات الأعصاب ولها يرجع حساسة الجلد . كما يلاحظ في أسفل البشرة غدد مفرزة للزيوت أو الدهون تسمى الغدد الدهنية (الزيتية) ، وفيها أيضاً قنوات متعرجة ملتوية هي قنوات الغدد العرقية التي تنتشر فتحاتها على بشرة الجلد . كما تُشاهد خلايا دهنية أو نسيج دهني في أو تحت الأدمة مباشرة وهي المنطقة التي تخزن فيها الدهون الزائدة عن حاجة الجسم . ويختلف سمك المنطقة الدهنية حسب الحيوان والجنس والبيئة التي يعيش فيها . وعليه ، استنتج مميزات (الأدمة) وقارنها بطبقة البشرة .

مشتقات الجلد

هناك أعضاء أو مشتقات تابعة للجلد وهي :

١ – **الغدد العرقية** : Sweat Glands وهي من صميم تركيب الجلد ، عبارة عن قنوات طويلة تنتهي بجسم أنبوبي كثير الالتواء كروي الشكل تقريباً وتظهر فتحاتها على سطح البشرة . وتحاط الغدة العرقية عادة بشبكة من الأوعية الدموية ، ووظيفتها فصل العرق من الدم وبالتالي ترطيب الجسم وتعديل درجة حرارته عن طريق التبخر وحفظ درجة حرارة الجسم في معدلها الطبيعي . والعرق عبارة عن محلول مائي يتألف من ٩٩٪ ماء والباقي مواد صلبة معدنية ذائبة أهمها كلوريد الصوديوم وبعض آثار اليوريا . ويبّين الجدول (٥–١) التركيب العام للعرق مقارنة ببلازما الدم في جسم الانسان .

٢ – **الغدد الدهنية** : Sebaceous Glands وهي غدد من صميم تركيب الجلد أيضاً ، تكون بسيطة أو مركبة كيسية الشكل متفرعة لها قناة مائلة تفتح في أعلى الشعرة ، ووظيفتها أنها تفرز مادة دهنية Sebum تعمل على تليين جلد الانسان ومنعه من الجفاف كما تساعد على انزلاق الماء عن الجسم خاصة عند الإغتسال أو السباحة .

جدول (٥ – ١)

التركيب العام للعرق مقارنة بتركيب بلازما الدم

المــــادة	تركيز العرق ملغم / ١٠٠ مللتر	تركيز بلازما الدم ملغم / ١٠٠ مللتر
الصوديوم	١٨٥	٣٢٥
البوتاسيوم	١٥	١٥
الكالسيوم	٤	١٠
المغنيسيوم	١	٣
الكلور	٣١٠	٣٧٠
لاكتيت Lactate	٣٥	١٥
نيتروجين يوريا	٢٠	١٥
جلوكوز	٢	١٠٠
بروتين	صفر	٧٤٠٠

٣ – **الأظافر** : Nails وهي تركيبات من مشتقات طبقة البشرة ؛ والظفر ينتج من تجمد طبقات البشرة وتحولها إلى مادة قرنية صلبة تدخل في تكوينها مادة الكيراتين التي تكسبها الصلابة . وتبرز الأظافر عند أطراف أصابع اليدين والرجلين خارج الجسم ويزداد نموها بالطول بنمو البشرة التي تنتجه . وتتمثل أهميتها في التقاط الأشياء الدقيقة (أصابع اليدين) والتحكم في المواد والأجهزة ، كما فيها جمال وزينة وخاصة عند النساء .

٤ – **الشعر** : Hair وهو أحد مميزات الحيوانات الثديية ومنها الانسان إذ ينتشر ويغطي سطح الجلد ، وكثافته تختلف حسب نوع الحيوان ، والجنس والوسط الذي تعيش فيه . والشعر يشكل طبقة عازلة للجسم وبالتالي يساهم في بقاء درجة حرارة الجسم ثابتة . وتتركب الشعرة من خلايا قرنية مكونة من جذر وساق ؛ والجذر موجود

في باطن الجلد (الأدمة) والجزء السفلي منه منتفخ ويكون البصيلة الشعرية المحاطة بنهايات الأعصاب ؛ والساق هو الجزء الظاهر من الشعره ويتركب من النخاع والقشرة، والقشرة مكونة من خلايا مغزلية طولية تحتوي على صبغات ملونة يعزى لها لون الشعر . ويحيط بالشعر عادة غدد دهنية تعمل على لمعان وتليين الشعر . هذا ، وقد يشتق من الجلد تركيبات أخرى كما في الحيوانات الأخرى كالريش (الطيور) والقشور (الأسماك) والحراشف (الزواحف) والتركيبات القرنية الأخرى كالقرون والمخالب والأظافر والحوافر كما في مختلف الحيوانات الفقارية .

وظائف الجلد Skin Functions

نستطيع أن نستنتج أن **تركيب الجلد يلائم الوظائف** التي يؤديها ، وبالتالي فإنّ أي تلف أو حرق لمنطقة معينة يعني أنّ وظائف كثيرة ستصاب بالخلل وقد تتعطل ؛ وهذه الوظائف هي :

١ – الحماية ، من حيث أنه غطاء خارجي يحيط ببقية أجهزة الجسم فهو يعمل على **وقاية** أعضاء الجسم والأنسجة الداخلية من الصدمات والمؤثرات الخارجية . كما أن وجود الصبغات الملونة تحمي الجسم من أشعة الشمس ، ولهذا فإنّ الجلد يزيد من إفراز هذه المادة عند تعرضه لدرجات الحرارة العالية وهذا ما نلاحظه في سمرة البشرة لسكان المناطق الحارة كما في سكان منطقة الأغوار مثلاً .

٢ – تنظيم درجة حرارة الجسم ، يساعد على ذلك وجود الغدد العرقية ووجود طبقة دهنية عازلة منتشرة في الجلد أو تحته ؛ كما أن شبكة الأوعية الدموية الكثيفة المنتشرة في الأدمة قابلة للتمدد أو الأنكماش وفقاً لحاجة الجسم إلى التدفئة أو التبرد .

٣ – الاخراج ، كثيراً ما يتخلص الجسم من بعض فضلاته عن طريق العرق ؛ كما أن هناك علاقة بين عمل الجلد وعمل الكليتين ولهذا نلاحظ أن كمية البول تقل صيفاً بينما تزداد شتاءً لقلة نشاط الجلد .

٤ – الاحساس ، نظراً لانتشار نهايات الأعصاب في الجلد ، فهو يستقبل المنبهات الخارجية وبالتالي يصبح الجسم على اتصال مباشر بالوسط الذي يعيش فيه ويتكيف الجسم تبعاً لذلك .

٥ – يعتبر الجلد مركزاً لبناء فيتامين D بتأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية على مواد عضوية مثل أرجوسترول Ergosterole الذائبة في خلايا الدهن المنتشرة في أنسجة الجلد .

٦ – يساهم الجلد في المحافظة على ماء الجسم ، وبذلك يحفظ الجسم من التعرض للجفاف ؛ كما يمتص بعض المواد الكيماوية كالعقاقير الطبية التي قد تضر بالجسم إن بقيت فيه .

الفصل السادس

الهيكل العظمي Skeletal System

الهيكل أو الجهاز العظمي (الجزء العظمي من الجسم) أجزاء صلبة قوية مرتبطة بعضها ببعض ارتباطاً مفصلياً تكسب الانسان شكلاً معيناً . ويتكون الهيكل من العظم والغضاريف والمفاصل . وهي كما ذُكر سابقاً ، أنسجة ضامة تتركب من خلايا عظمية أو غضروفية مبعثرة في مادة أرضية وفيرة ، وترجع صلابتها إلى تركيبها الكيماوي ؛ فالعظم (الجاف) مثلا يتكون من ٦٦٪ من مواد معدنية والباقي (٣٤٪) مواد عضوية موجودة في خلايا العظم بشكل رئيسي أي بنسبة (٢ : ١) تقريباً .

وظائف الهيكل العظمي

يؤدي الهيكل العظمي وظائف هامة للجسم وهي :

١ – دعامة الجسم Support ، ويحفظ الشكل العام له ويكسبه استقامته .

٢ – يسمح بالحركة بفضل وجود المفاصل ونقاط الاتصال الأُخرى بين العظام .

٣ – حماية الأُعضاء الهامة في الجسم كالدماغ والقلب والرئتين بفضل عظام الجمجمة والصدر (القفص الصدري) على الترتيب .

٤ – تكوين خلايا الدم في نخاع العظم .

٥ – مكان اتصال للنسيج العضلي خاصة العضلات الهيكلية وبالتالي تسهل

الحركة .

٦ - المساهمة في إزالة المواد السامة Detoxification من الجسم وتخزينها في العظام .

٧ - خزن بعض المواد المعدنية كالكالسيوم والفسفور والتي قد يحتاجها الجسم في وقت ما .

يشكل العظم الجزء الأكبر من الهيكل العظمي ومن هنا جاء الاسم . وتختلف العظام في **شكلها** وتقسم تبعاً لذلك إلى ما يلي :

١ - عظام طويلة Long Bones كما في عظام العضد والفخذ .

٢ - عظام قصيرة.Short B كما في عظام الأمشاط والأصابع .

٣ - عظام مفلطحة.Flat B كما في عظام القص والعظم الجداري (الجمجمة) .

٤ - عظام غير منتظمة .Irregular B كما في عظام الفقرات .

العظام Bones

العظام عبارة عن أنسجة ضامة رابطة متخصصة قوية (الفصل الرابع) . وترجع قوة وصلابة العظم إلى ترسب الأملاح المعدنية ضمن المادة العضوية الموجودة في خلايا العظم بشكل رئيسي . **ويتركب العظم** (الجاف) من :

أ - مادة لاعضوية (أملاح معدنية) تشكل حوالي ٦٦٪ من العظم ، وإليها تعزى صلابة العظم وقوته ، وأهم الأملاح المعدنية المكونة للعظم هي كربونات الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم .

ب - مادة عضوية تشكل حوالي ٣٤٪ من العظم ، وتتألف أساسياً من مواد بروتينية تسمى كولاجين العظم .

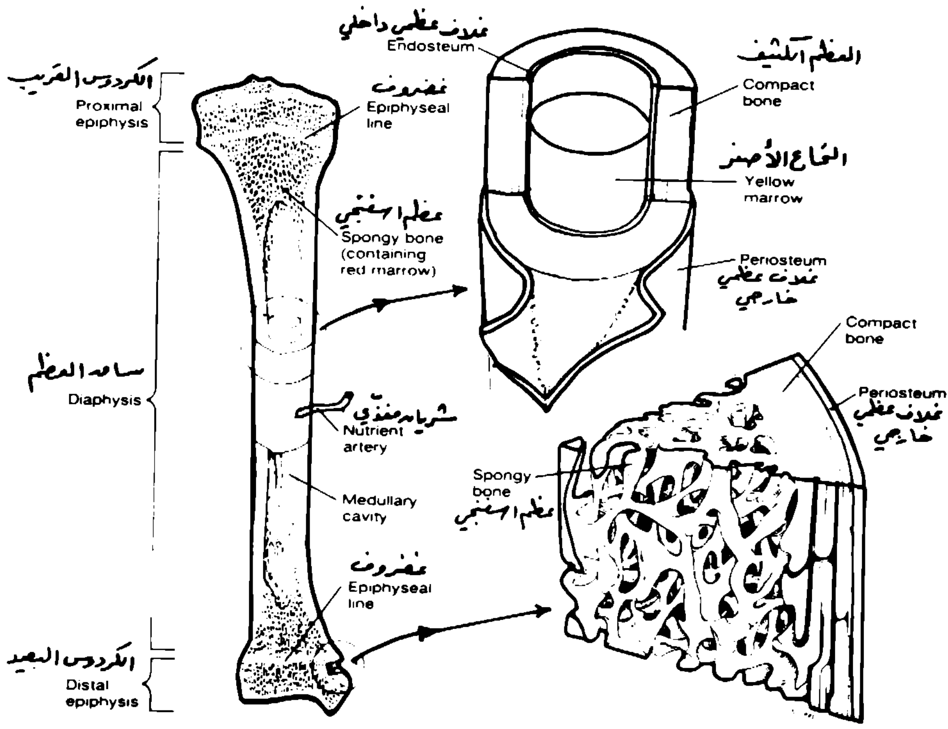
وبالنسبة للعظم الطويل ، يتركب العظم مما يلي (الشكل ٦ - ١) :

١ - ساق العظم Diaphysis (Shaft) وهو الجزء الأساسي من العظم . وينتهي الساق عند طرفيه بانتفاخين هما : (أ) الكردوس القريب Proximal epiphysis (ب) والكردوس البعيد Distal ep-iphysis . ويوجد في وسط جسم العظم ثقب صغير يسمى الثقب

المغذّي Nuterient Foramen.

٢ – **تجويف النخاع** Medullary Cavity وهو عبارة عن فراغ وسطي يجري بطول العظم ، ويحتوي على خلايا دهنية وأوعية دموية وأعصاب .

٣ – **غلاف عظمي خارجي** Periosteum وهو عبارة عن غشاء ليفي من نسيج ضام خارجي يسمى السمحاق الظاهر ، وآخر داخلي يحيط بتجويف النخاع ويسمى السمحاق الداخلي أو الباطن Endosteum .



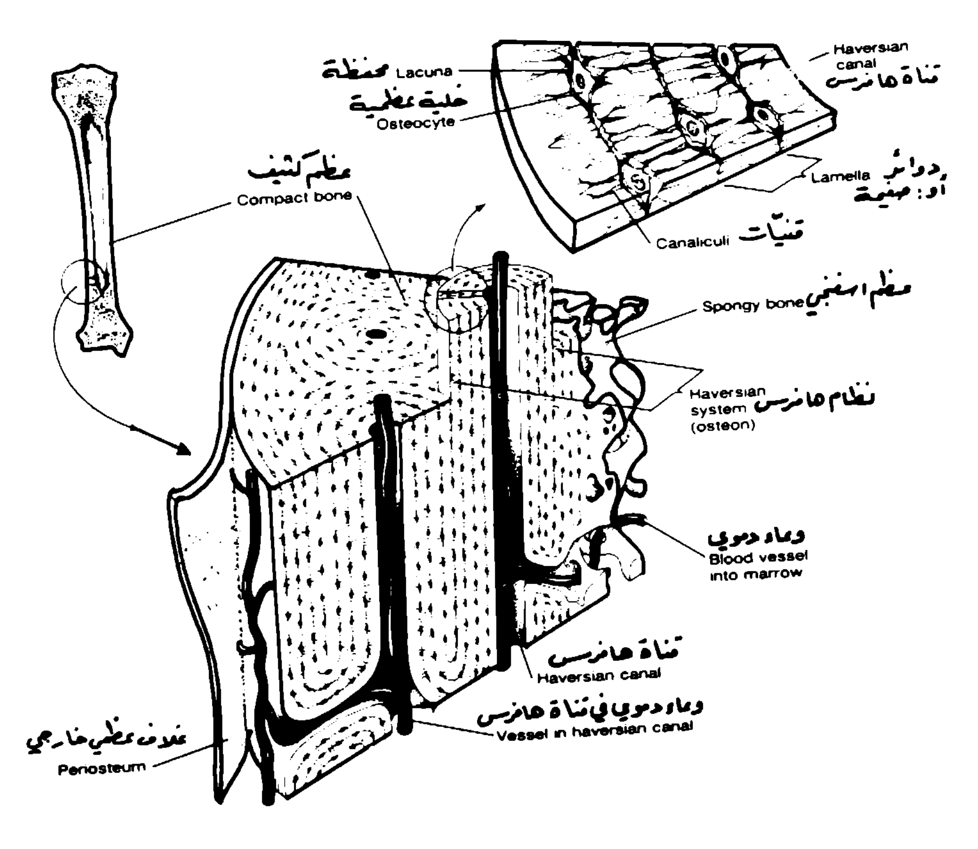
الشكل (٦–١) : تركيب العظم الطويل

وعند عمل **قطاع عرضي في العظم** (الشكل ٦–٢) يتكشف لنا نوعان أساسيان من النسيج العظمي هما :

الأول : النسيج العظمي الاسفنجي :Spong Bone ويوجد في نهايات العظام

الطويلة (انظر إلى الشكل ٦-١) ، ويحتوي على فراغات واسعة تعترضها حواجز عظمية متشابكة من أحجام مختلفة . ويوجد في النسيج العظمي الاسفنجي النخاع الأحمر Red Marrow . أمّا وظيفته ، فتتمثل في اكساب العظم المناعة والقوة ومقاومة التغيرات في الشكل .

الثاني : النسيج العظمي الكثيف (أو المكتنز) :Compact bone ويوجد في الأجزاء الخارجية من العظام وبخاصة العظام الطويلة . وتكون الخلايا العظمية Osteocytes فيه مرتبة في صفوف اسطوانية مشتركة المركز . وتشكل كل بضع أسطوانات (٤-٥) متداخلة ما يُعرف بنظام أو **جهاز هافرس** Haversion System (الشكل ٦-٢) . ويتوسط كل مجموعة قناة رئيسية تمتد طولياً في العظم تعرف بقناة



الشكل (٦-٢) : قطاع عرضي في العظم / نظام هافرس

هافرس Haversion Canal أو القناة المركزية . ويحيط بهذه القناة عدد من صفائح تنتظم على صورة دوائر تسمى Lamella. وتنتظم خلايا العظم Osteocytes في هذه الصفائح الدائرية ؛ والخلايا العظمية متفرعة تتشابك فروعها بعضها ببعض ويحيط بكل خلية عظمية فجوة أو محفظة تسمى Lacuna ، وقد توجد خليتان عظميتان داخل محفظة واحدة . وتوصل الفجوات (المحافظ) أو تفرعات الخلايا العظمية بقنيّات دقيقة جداً Canaliculi . والجدير بالذكر ، أن قنوات هافرس تحتوي على أوعية دموية لتغذية النسيج كما تحتوي أيضاً على أعصاب يربطها نسيج ضام . هذا وتجري القنوات متوازية وموازية للمحور الطولي للعظمة ، والمسافات الواقعة بين مجاميع هافرس خالية من قنوات هافرس وفيما عدا ذلك تشبه في تركيبها مجاميع هافرس نفسها .

ويقسم الهيكل العظمي من الناحية المورفولوجية (الخارجية) وتبعاً لوضعه (انظر إلى الشكل ٦-٣) إلى قسمين :

١ - **الهيكل المحوري** Axial Skeleton ويشمل :

أ - عظام الرأس Skull .

ب - العمود الفقري Vertebral Column .

جـ - الأضلاع Ribs . د - القص Sternum .

٢ - **الهيكل الطرفي** Appendicular Skeleton ويضم :

أ - عظام الأطراف الأمامية Fore Limbs .

ب - عظام الأطراف الخلفية Hind Limbs .

جـ - الحزام الصدري Shoulder Girdle.

د - الحزام الحوضي Pelvic Girdle . هذا ، ويُقدر عدد عظام الهيكلين (المحوري والطرفي) بحوالي ٢٠٦ عظمات وقد يختلف عددها حسب اعتبارات أخرى (ادرس الجدول ٦-١) .

جدول (٦-١)

توزيع عظام الهيكل العظمي

أقسام الهيكل العظمي	عدد العظام
١ - الهيكل المحوري Axial Skeleton	٨٠
أ - عظام الرأس (الجمجمة) Skull	٢٩
علبة المخ Cranium	٨
الوجه Face	١٤
العظم اللاّمي (في قاعدة اللسان) Hyoid	١
عظام الأذن Ossicles	٦
المطرقة Malleus	٢
السندان Incus	٢
الركاب Stapes	٢
ب - العمود الفقري	٢٦
الفقرات العنقية ٧٠ Vertebral Column	٧
الفقرات الصدرية ٧٠ Thoracic	١٢
الفقرات القطنية ٧٠ Lumbar	٥
الفقرات العجزية ٧٠ Sacrum	١(٥عظام ملتحمة)
الفقرات العصعصيّة ٧٠ Coccyx	١(٣-٥عظام ملتحمة)
جـ - الصدر Thorax	٢٥
القص Sternum	١
الأضلاع Ribs	٢٤
٢ - الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton	١٢٦

تابع - جدول (٦-١)

- الحزام الصدري Shoulder girdle	٤
الترقوة Clavicle	٢
اللوح Scapula	٢
ب - الأطراف الأمامية (العلوية) Upper extremity	٦٠
العضد Humerus	٢
الزند Ulna	٢
الكعبرة Radius	٢
الرسغ Carpals	١٦
أمشاط اليد Metacarpals	١٠
سلاميات الأصابع Phalanges	٢٨
جـ - الحزام الحوضي Pelvic girdle	٢
عظم عديم الإسم Innominate b.	٢
د - الأطراف الخلفية (السفلية) Lower extremity	٦٠
الفخذ Femur	٢
الشظية Fibula	٢
القصبة Tibia	٢
الرضفة Patella	٢
العقب Tarsus	١٤
شاط القدم Metatarsus	١٠
لاميات أصابع القدم Phalanges	٢٨
المجموع	**(٢٠٦) عظمات**

أولاً : الهيكل المحوري Axial Skeleton

١ - **عظام الرأس (الجمجمة)** : Skull وهي عبارة عن صندوق عظمي مكونة من حوالي ٢٢ عظمة (ما عدا عظيمات الأذنين) مرتبطة معاً ارتباطاً محكماً بواسطة بروزات معشقة كأسنان المنشار تسمى التداريزSutures ، ولا يسمح مثل هذا الالتحام بالحركة . وتمتاز الجمجمة في الانسان بأنّ عظام الجبهة عريضة وكبيرة ، وعلبة الدماغ كبيرة أيضاً تقع فوق الوجه وليس خلفه كما هو الحال في الثدييات الأخرى . أما قاعدة الجمجمة أو أسفلها ففيها ثقب كبير Foramen Magnum يمر من خلاله الحبل أو النخاع الشوكي ليتصل بالدماغ . ووظيفة الجمجمة هي حماية الدماغ ومراكز الحواس الأخرى ، وتقسم إلى قسمين :

أ - المنطقة المخية (علبة المخ) Cranium وتشمل العظام التي تحيط بالدماغ (الشكل ٦-٤-أ) وهي :

١ - العظم الجبهي (الأمامي) Frontal Bone .

٢ - العظم الجداري (العلوي) Parietal B. .

٣ - العظم القذالي (الخلفي) Occipital B. .

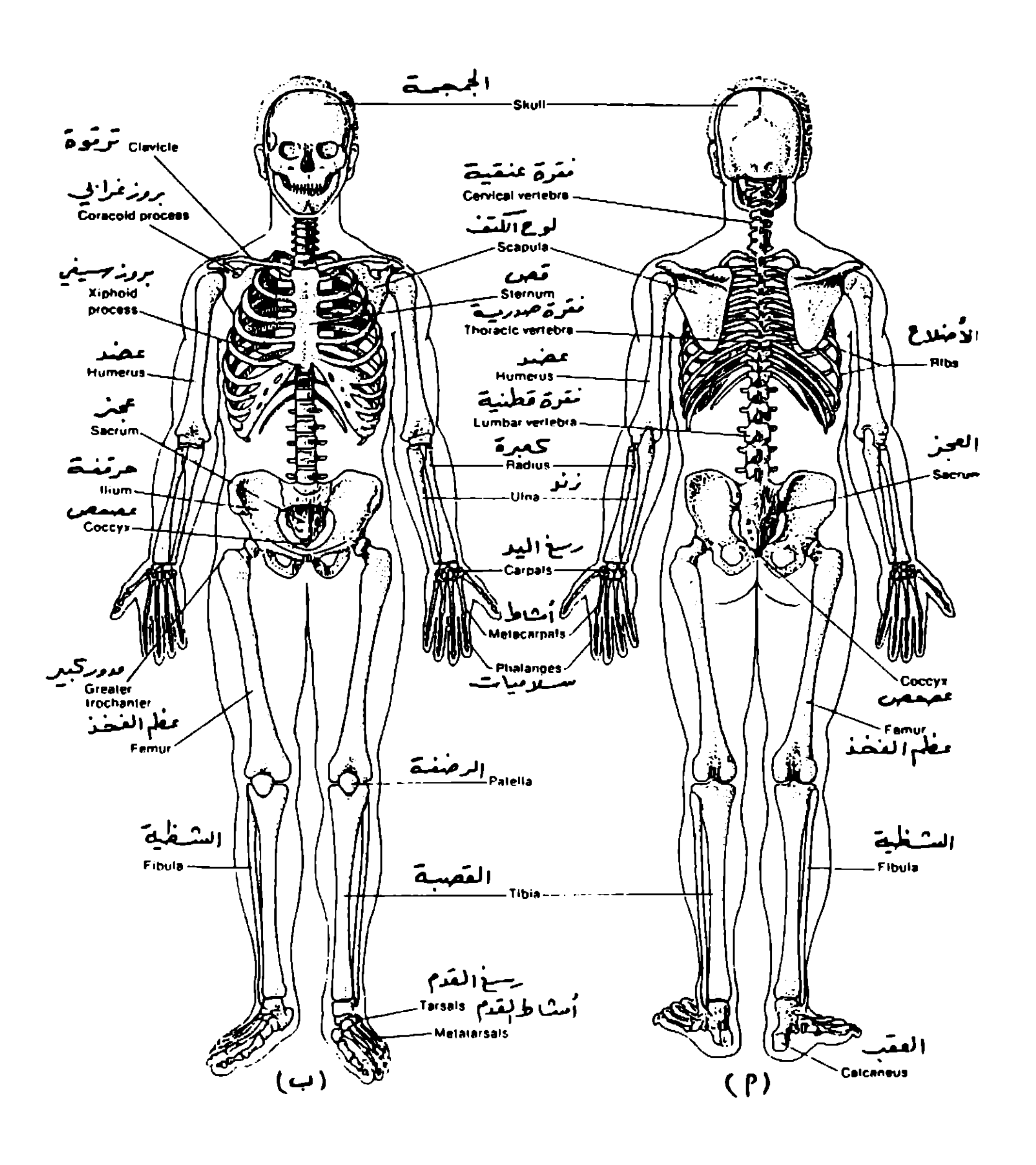
٤ - العظم الصدغي (الجانبي) Temporal B. .

٥ - العظم الاسفيني (الوتدي) Sphenoid B. .

ب - المنطقة الوجهية Face Bones وتتكون من ١٤ عظمة وتحوي منطقة الفكين : الفك العلوي Maxilla والفك السفلي Mandible . والسفلي يتحرك على الجمجمة بمفصل خاص ؛ وتحمل الفكوك الأسنان العظمية وعددها ٣٢ سناً في الانسان البالغ موزعة بالتساوي على الفكين ، كما يوجد فيها تجويفا العينين وتجويفا الأنف ومنطقتا الأذنين .

هذا ، وتتماثل جماجم الذكور والاناث تقريباً ، ولكن عند ملئها بسائل (كالماء مثلاً) فإنّ جمجمة الذكر تستوعب (١٥٠) سم٣ أكثر من جمجمة الأنثى . وبوجه عام ، تكون عظام جمجمة الذكر أثقل - من نظيرتها عند الأنثى .

٢ - **العمود الفقري** : Vertebral Column يؤلف العمود الفقري دعامة مرنة للجسم ويحمل الحبل الشوكي ، ويمتد طولياً في منطقة الجذع ؛ وهو على درجة كبيرة



الشكل (٦-٣) الهيكل العظمي أ – منظر خلفي . ب – منظر أمامي

من الصلابة يتركب من عدد معين من العظام غير منتظمة الشكل تعرف بالفقرات . هذا ويرتكز قاع الجمجمة على الجزء العلوي للعمود الفقري ، وهذه ميزة أساسية في الانسان إذ إنّ الفقاريات الأخرى يتمفصل العمود الفقري على السطح الخلفي للجمجمة لا على سطحها السفلي ؛ كما يتصل بالعمود الفقري الحزامان الصدري والحوضي وبهذا تنتقل حركة الأطراف إلى محور الجسم .

يتألف العمود الفقري في الانسان من ٣٣ فقرة (لاحظ الشكل ٦-٤-ب) ؛ منها ٢٤ فقرة تتصل مع الفقرة التي تسبقها والتي تليها مفصلياً مما يسهل لها الحركة وتعرف عندئذ بالفقرات المتحركة ، وهكذا تسمح للعمود الفقري بقدر معين من الحركة، والفقرات الباقية (٩فقرات) تلتحم مع بعضها وتسمى الفقرات الملتحمة . هذا وترتبط الفقرات ببعضها بواسطة سلسلة من الوسائد أو الأقراص Discs مكونة من نسيج غضروفي ليفي مما يضفي صفة المرونة للعمود الفقري ، وقد تفلت هذه الأقراص أحياناً لتبرز من الفقرات وتسبب الحالة المرضية المعروفة باسم الانزلاق الغضروفي .

يقسم العمود الفقري إلى خمس مناطق تسمى حسب موقعها وتختلف شكل الفقرات في كل منها عن الأخرى وهذه المناطق هي :

١ - المنطقة العنقية (الرقبية) Cervical Region وفيها سبع فقرات عنقية .

٢ - المنطقة الصدرية.Thoracic R وفيها (١٢) اثنتا عشرة فقرة صدرية تتمفصل معها الضلوع لتكون ما يسمى بالقفص الصدري Ribcage الذي يحفظ القلب والرئتين .

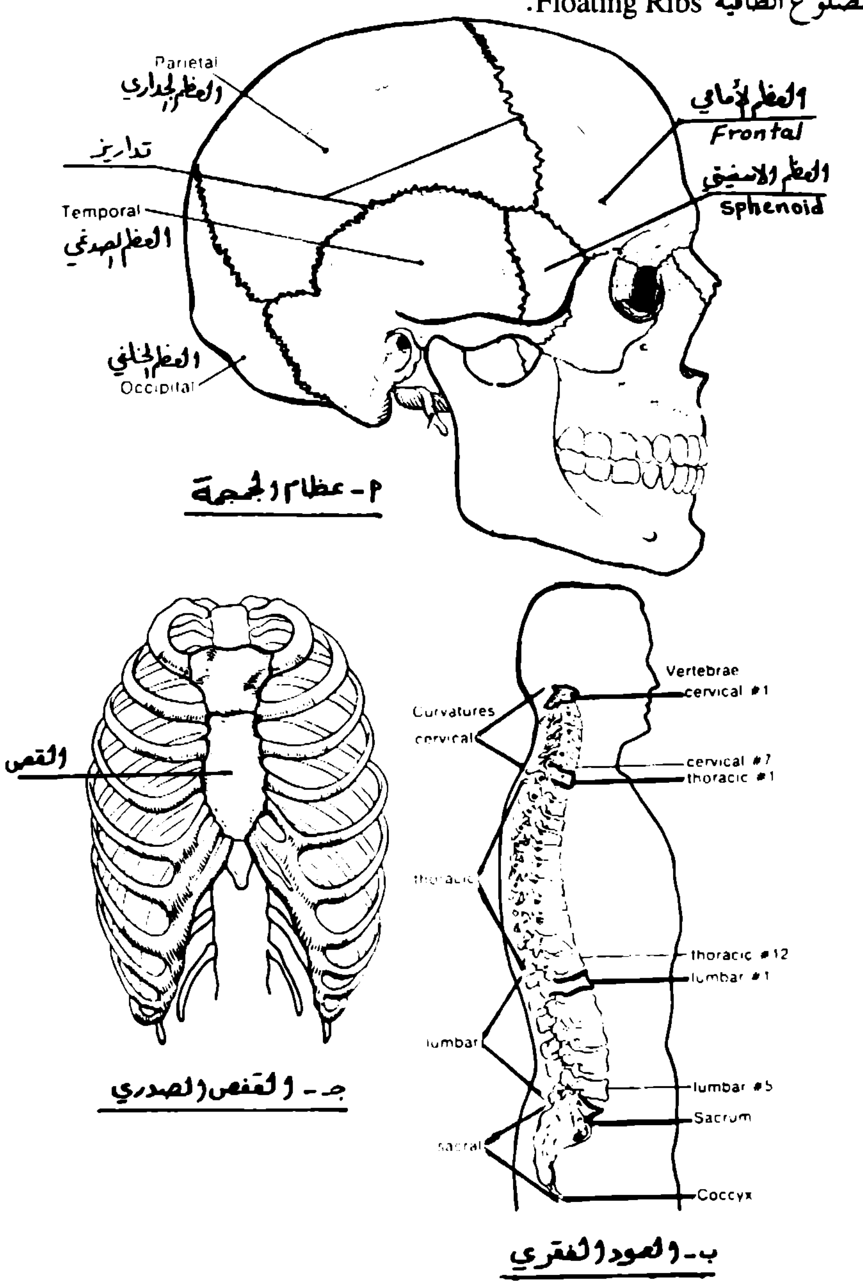
٣ - المنطقة القطنية .Lumbar R وفيها خمس فقرات قطنية .

٤ - المنطقة العجزية .Sacral R وفيها خمس فقرات ملتحمة بعضها ببعض ويتصل بها الحزام الحوضي .

٥ - المنطقة العصعصية .Coccygeal R وفيها أربع فقرات صغيرة ملتحمة تكون الطرف الخلفي للعمود الفقري .

٣ - **الضلوع** : Ribs وعددها في الانسان (الذكر والأنثى) اثنا عشر زوجاً (لاحظ الشكل ٦-٤-جـ) ، يتمفصل كل زوج منها مع إحدى الفقرات الصدرية . وتتصل الأزواج العشرة الأمامية من الضلوع بعظم مفلطح وسطي يسمى **القص** -Ster

num . أما الزوجان الخلفيان من الضلوع فهما سائبان لا يتصلان بالقص ولهذا يسميان بالضلوع الطافية Floating Ribs.



(الشكل ٦-٤) : أ - عظام الجمجمة ب- العمود الفقري .جـ - القفص الصدري

ثانياً : الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton

يتألف كما ذكر سابقاً ، من عظام الأطراف الأمامية والخلفية ومنطقتي اتصالهما بالعمود الفقري وهما الحزام الصدري (الكتفي) والحزام الحوضي .

١ - **الحزام الصدري** Shoulder Girdle يتصل الحزام الصدري بالمنطقة الأمامية للعمود الفقري ؛ ويتركب كل حزام صدري من عظمتين : عظم اللوح Scapula وهو عظم أساسي ظهري منبسط مثلث الشكل ، ويوجد بطرف اللوح من جهة الذراع تجويف خاص يستقبل رأس عظم العضد مكوناً مفصل الكتف ؛ وعظم الترقوة Clavicle وهو عظم صغير ورفيع يتصل بالقص عند طرفها الداخلي وباللوح عند طرفها الخارجي .

٢ - **الأطراف الأمامية** Fore Limbs

تتركب عظام الطرف الأمامي (الذراع) من الأجزاء التالية :

أ - العضد Humerus وهي عظمة واحدة طويلة وقوية يتمفصل رأسها مع الحزام الصدري عند مفصل الكتف .

ب - الساعد ويتركب من عظمتين هما : الزند Ulna والكعبرة Radius وتقع في جهة الأصبع الصغير .

جـ - الرسغ Carpus وهي عبارة عن ثماني عظمات صغيرة تقع في صفين.

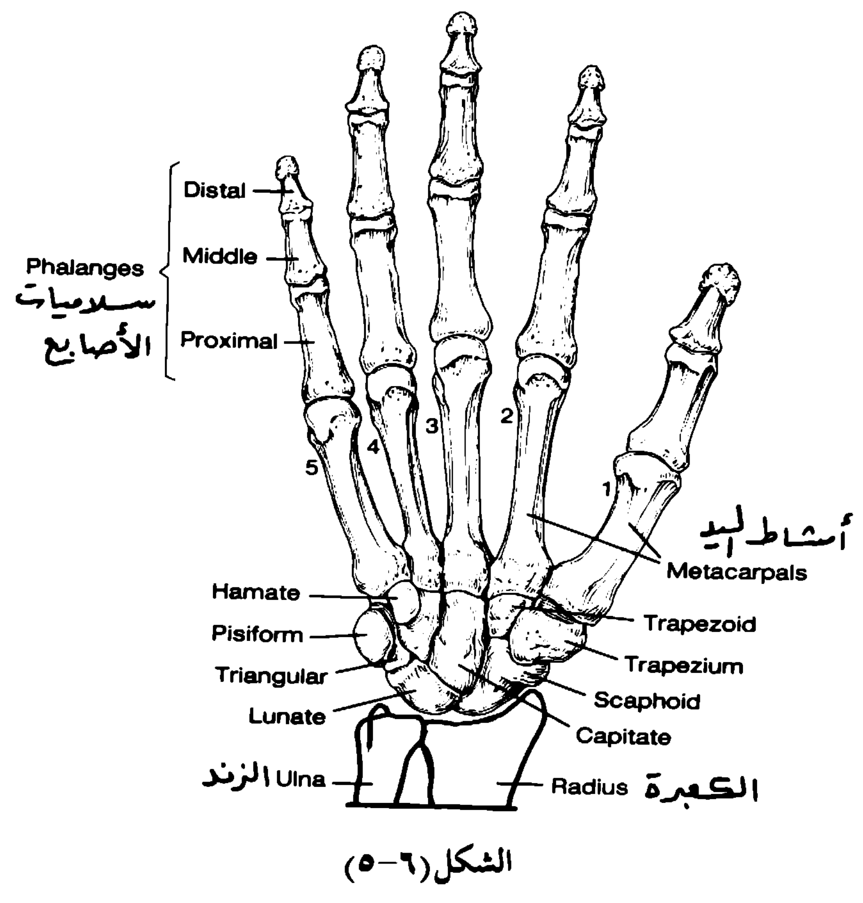
د - اليد ، وتتألف من أمشاط اليد Metacarpals وعددها خمس عظام مستطيلة ، وسلاميات الأصابع Phalanges وعددها ثلاث في كل إصبع ما عدا الأبهام فيه سلاميتان فقط (الشكل ٦-٥).

٣ - **الحزام الحوضي** : Pelvic Girdle ويتألف من نصفين يعرف كل منهما بالعظم عديد الاسم Innominate ، ويتركب كل نصف من ثلاث عظام هي :

أ - عظام أمامي بطني ويسمى العاني Pubis .

ب - عظام خلفي بطني ويسمى الورك Ischium .

جـ – عظام ظهري ويسمى الحرقف Ilium .



الشكل (٦–٥)

منظر بطني لعظام رسغ اليد اليمنى

هذا ، ويتمفصل العظم عديم الاسم عند الظهر بالعمود الفقري بينما يتصل نصفا الحزام الحوضي أحدهما بالآخر عند أسفل البطن فيما يعرف بالارتفاق العاني Symphysis Pubis . ويكوّن العظم عديم الاسم مع الفقرات العجزية والعصعص ما يعرف باسم الحوض Pelvis . ويختلف حوض الأنثى عن نظيرة في الذكر بما يلي (انظر إلى الشكل ٦–٦) .

أ – حوض الأنثى (المدخل والمخرج) أكبر وأكثر دائرية .

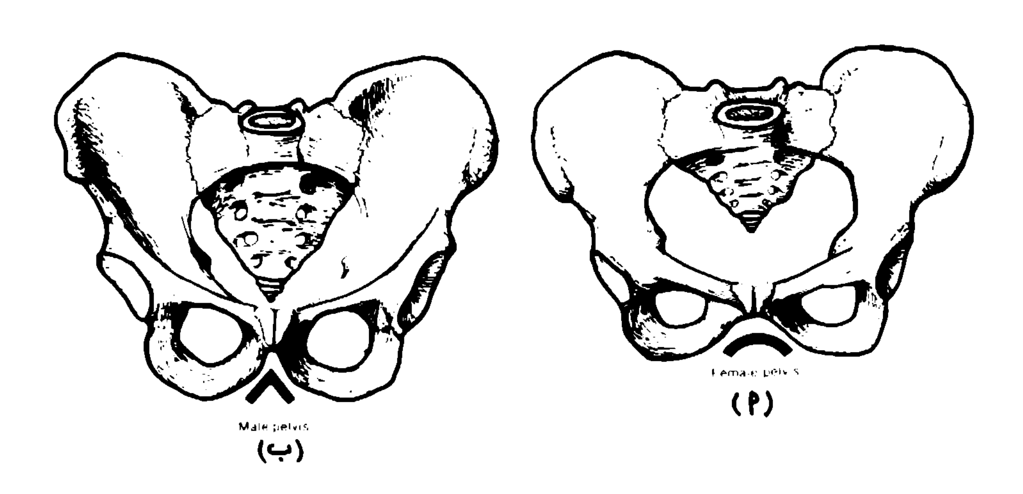
ب – عظام الحوض أقل وزناً وأكثر نحافة عند الأنثى منه عند الذكر .

جـ – الحوض في الأنثى أقل عمقاً (زاوية منفرجة) من نظيره في الذكر (زاوية حادة) .

د – العجز في الأنثى أعرض وأقل تحدباً .

٤ – **الأطراف الخلفية** : Hind Limbs

يرتبط الطرف الخلفي بالعمود الفقري بواسطة عظمي الحوض سابقي الذكر . والطرف الخلفي يشبه الطرف الأمامي في التركيب مع اختلاف بسيط في الشكل والتسمية . وعليه فإنّ الطرف الخلفي (الرجل) يتركب من الأجزاء التالية:



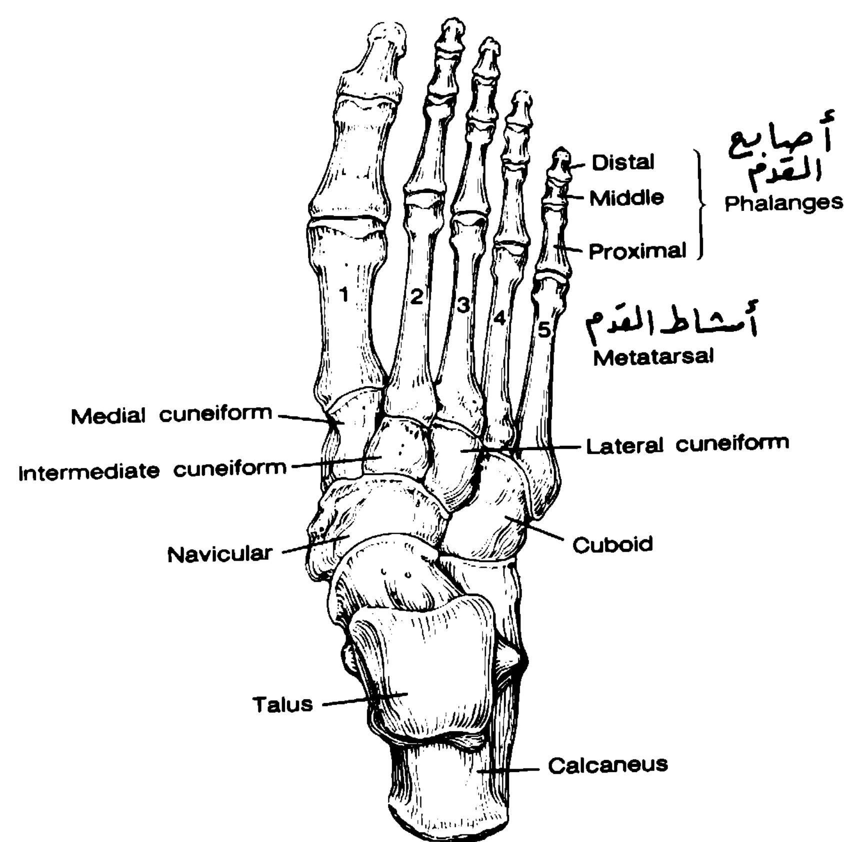
الشكل (٦-٦) : أ – حوض الأنثى . ب – حوض الذكر

أ – الفخذ Femur وهي أكبر وأقوى عظمة في الجسم وتشبه العضد لحد ما لكنها أطول منها وأكثر قوة .

ب – الساق ، وتتركب من عظمتين : القصبة Tibia وهي عظمة كبيرة وغليظة وتقع للداخل ؛ والشظية Fibula وهي أدق من القصبة وتقع للخارج .

جـ – العقب Tarsus وتتكون من سبع عظام .

د – القدم ، وتتركب من أمشاط القدم Metatarsals وعددها خمس عظمات وتناظر أمشاط اليد ، وسلاميات أصابع القدم Phalanges وعددها ثلاث في كل إصبع ما عدا الإصبع الكبير فيه سلاميتان فقط (الشكل ٦–٧) .



الشكل (٦–٧) : منظر علوي لقدم الرجل اليمنى

نمو العظام والتئامها

إنّ ظاهرة نمو العظام أو تكلس الغضاريف وتحويلها إلى عظام هي ظاهرة حيوية دقيقة من العمليات البيولوجية المعقدة ، وهي تتأثر بعدة عوامل منها ما يلي :

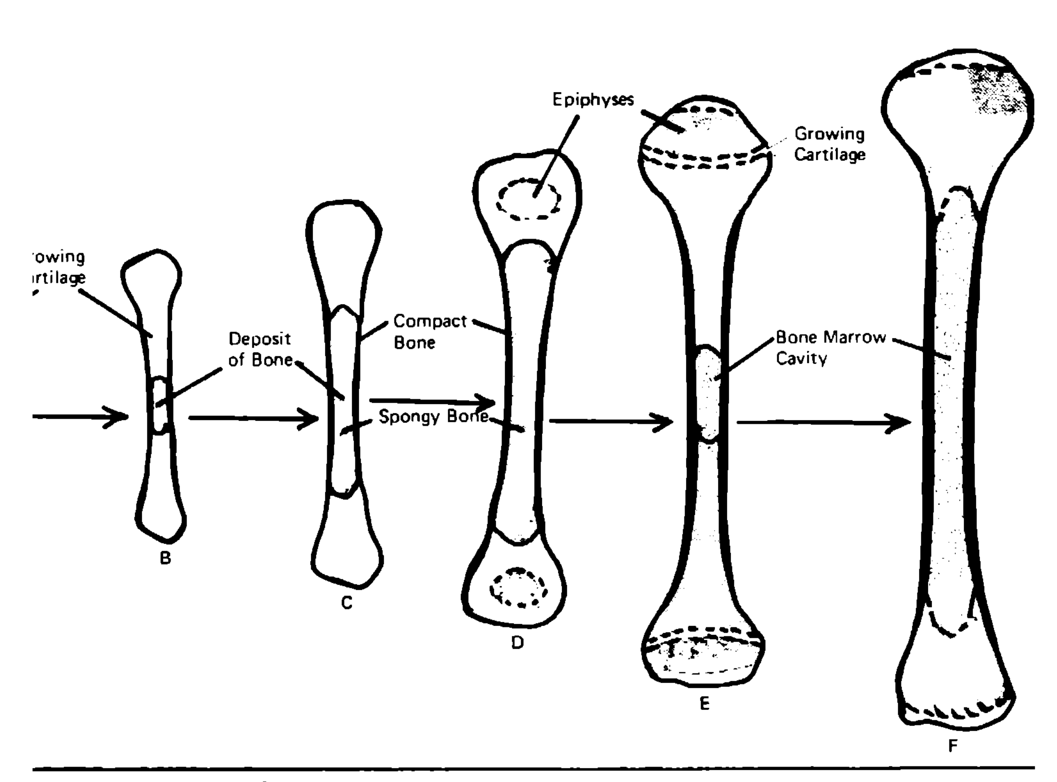
أ – التركيب الوراثي .

ب – التغذية .

جـ – مدى تمثيل عنصري الكالسيوم والفسفور في الجسم .

وعند حصول الكسر للعظام ، يفضل عدم تحريك العظام المتكسرة لأن ذلك

يؤدي إلى تأخير شفائه خاصة وأن حصول الكسر يؤدي إلى تمزق الأوعية الدموية وتهتك الأنسجة القريبة من الكسر وحصول نزف للدم حول منطقة الكسر .
وباختصار ، تنمو العظام وتتكلس (الشكل ٦-٨) وبالتالي تلتئم الكسور عن طريق تكوين خلايا وأنسجة عظمية جديدة تسمى الكلس Callus الناتجة من انقسام خلايا الأسيتوبلاست Osteoblasts في بيريستيوم Periosteum والاندوستيوم Endosteum المبطنة لتجويف النخاع العظمي Bone marrow وقناة هافرس .
وتؤدي هذه الأنسجة العظمية المتكونة إلى ملء الفراغات في الجزء المكسور من العظام على شكل صفائح تمنع الحركة بين العظام المتكسرة ؛ وبعد ذلك تترسب المعادن Mineralized في النسيج العظمي لتكوّن العظم الحقيقي . هذا ، ويختلف زمن التئام الكسور العظمية حسب نوع الكسر ونوع العظم والعمر ؛ فالأطراف العليا تلتئم كسورها في فترة أقصر من التئام الأطراف السفلى ، وعظام الصغار تلتئم أسرع من نظيرتها عند الكبار .



الشكل (٦-٨) : نمو العظام وتكلسها في إحدى الأطراف

هذا ، **وتقسم العظام** من حيث **نظام تكوينها** إلى نوعين :

١ – العظام الغشائية : وهي التي تنشأ بطريقة خاصة في نسيج ضام من خلايا عظمية أصلية وترسبات أملاح الكالسيوم كما في عظام الوجه والجمجمة .

٢ – العظام الغضروفية : وهي التي تنشأ في الغضروف بطريقة معقدة ذات خطوات عديدة تنتهي بتكلس الغضروف كما في عظام الأطراف والفقرات.

ويوجد في الهيكل العظمي **ثلاثة أنواع من الخلايا العظمية** المختصة بعمليات نمو وتكلس العظام وهي :

أ – خلايا الاستيوبلاست Osteoblasts وهي مسؤولة عن عملية تكوين العظام .

ب – خلايا الاستيوكلاست Osteoclasts وهي مسؤولة عن عملية امتصاص المواد المكونة للعظام .

جـ – خلايا الاستيوسايت Osteocytes وهي مسؤلة عن بقاء العظام في حالة حياة مستمرة ، وتوجد في صفائح دائرية في فراغات أو محافظ خاصة فيها . والخلايا العظمية هذه تعمل بدورها على استمرار حياة العظام من جهة أو إعادة التحامها كما في حالات الكسر من جهة ثانية .

الغضاريف Cartilages

الغضروف عبارة عن نسيج ضام متحور ؛ وهو جزء متين ومتماسك لكنه مرن قابل للانثناء ؛ يتكون من خلايا عضروفية متناثرة في المادة الخلالية وكثيراً ما تكون هذه الخلايا مستديرة أو شبه مستديرة أو مفلطحة حسب طبيعة النسيج . وتعتبر الغضاريف في الجنين المكون الأساسي للجهاز الهيكلي ، ومع نمو الجنين تبدأ أجزاء من النسيج الغضروفي بالتحول تدريجياً إلى عظام ، ويزداد معدل التحول بعد الولادة ، لذا عند اكتمال نمو الانسان فإنّ معظم الجهاز الهيكلي يكون مكوناً من العظام مع وجود أجزاء من النسيج الغضروفي هنا وهناك متصلة بالعظام خاصة في مناطق الحركة أو نهايات

الأضلاع والقصبة الهوائية والشعيبات الرئوية والأنف والأذن .

ترجع أهمية الغضاريف في الجسم لما يأتي :

١ – تعطي الهيكل بعض المرونة لحد ما ، فالضلوع مثلاً تتصل بالقص بواسطة أجسام غضروفية تسبب مرونة الصدر فتساعد بذلك على حركته وبخاصة أثناء عمليتي الشهيق والزفير في التنفس .

٢ – تشكل الغضاريف الجزء الأساسي من أعضاء وأجزاء الجسم التي تتعرض للانثناء كما في صيوان الأذن ولسان المزمار والحاجز الأنفي .

٣ – للغضاريف دور مُهم في حركة الجهاز الهيكلي كما نلاحظ في الحالات التالية :

أ – الوسائد الغضروفية في المفاصل خاصة مفصل الركبة تسهل حركة العظام في سرعات مختلفة دون ألم .

ب – الأقراص الغضروفية بين فقرات العمود الفقري تسهل حركة الجسم على الرغم من دقة حساسية الأعصاب في هذه المنطقة ، ومن هنا يشعر الانسان بألم شديد إذا ما تعرض لانزلاق غضروفي أو التواء في إحدى المفاصل .

جـ – الحلقات الغضروفية الموجودة في القصبة الهوائية تحول دون غلق هذا الممر الهوائي الرئيسي للتنفس .

٤ – العظام التي تنزلق فوق بعضها تكون سطوحها مغطاة بالغضاريف التي تمنع احتكاك العظام بعضه ببعض وبالتالي عدم تآكله وتخفف من تأثير الصدمات على هذه العظام .

المفاصل : Joints

المفصل هو الجزء الناتج من ارتباط جزئين من أجزاء الهيكل العظمي بعضها ببعض ؛ أو ارتباط (أو تلامس) بين عظمين من عظام الجسم ، أو بين عظم وغضروف – أو غضروفين أو أكثر – بحيث يمكن أجزاء المفصل القيام بالحركات المطلوبة بحرية .

ويوجد أنواع مختلفة من المفاصل البسيطة أو المعقدة التركيب في مناطق معينة من الهيكل العظمي مع ما تحوي من أوعية دموية وأعصاب وأنسجة رابطة . وتختلف (المفاصل) فيما بينها من حيث درجة قابليتها للحركة ؛ وعليه يمكن تمييز ثلاثة أنواع من المفاصل حسب حركتها ، وهي :

أولاً : المفاصل العديمة الحركة (الثابتة) : Synarthroses

هذا النوع من المفاصل ، كما تدل التسمية ، غير قابل (ثابت) للحركة . وفيه تلامس أسطح الالتحام بعضها البعض بواسطة نسيج ليفي كثيف لا يسمح بالحركة كما في ترابط عظام الجمجمة المختلفة ببعضها . وبتقدم العمر ، تختفي الخيوط الليفية ، وتتعظم المفاصل ؛ ويحل محل الخيوط الليفية أربطة عظمية بحيث تصبح العظام متحدة أو متداخلة بعضها ببعض مكونة التحاماً تظهر آثاره على شكل خيوط رفيعة مسنّنة كالمنشار يُسمى الدرز – أو التداريز Sutures . وتقوم كميات صغيرة (أو طبقة رقيقة) من النسيج الليفي بربط حواف العظام المتفصلة ؛ هذا ، وعلى الرغم أن تلامس عظام الجمجمة لا يسمح بحركة العظام في الشخص البالغ – بعد أن تكون قد أدّت وظيفتها – إلاّ أنّها في الطفل الوليد تكون متحركة نسبياً وغير كاملة التكوين ، مما تضفي درجة من المرونة بحيث يمكن أن يتغير رأس الطفل أثناء الولادة وإلاّ كان مرور الطفل أمراً بالغ الصعوبة .

ثانياً : المفاصل القليلة الحركة :Amphiarthroses

تكون الحركة في هذه المفاصل قليلة أو محدودة ؛ ويكون بين سطحي الاتصال طبقة غضروفية تسمح مرونتها باحداث حركة بسيطة كما في فقرات العمود الفقري . وتوجد هذه المفاصل بوجه عام على نوعين ، هما :

١ – مفاصل الارتفاق Symphysis وتوجد بين الفقرات ، وفي الارتفاق العاني، وبين العجز والحرقفة كما في المفصل العجزي الحرقفي .

٢ – مفاصل ليفية Syndesmoses يسمح هذا النوع من المفاصل بحركة محدودة ضيقة النطاق. وترتبط العظام في هذه المفاصل بواسطة تركيب ليفي على شكل حزم أو على شكل غشاء كما في المفصل الليفي الموجود

بين النهاية السفلى لعظم القصبة والشظية إذ يوجد الرباط في هذا المفصل بين العظمين .

ثالثاً: المفاصل المتحركة (الحقيقيّة) الزلاليّة : Synovial Joints(Diarthroses)

توجد هذه المفاصل في مناطق مختلفة من الجسم كما في : الكتف والمرفق والرسغ والفخذ والركبة والكعب وبين الرأس والفقرة الأولى للعمود الفقري . وتعتبر من أهم وأكثر المفاصل انتشاراً في الجسم ؛ وهي تستطيع القيام بحركات واسعة النطاق. وتتوقف حركتها على : أ - شكل واتساع السطوح المفصلية الداخلية في تكوين المفصل ومداها . ب - تركيب الأربطة المتعلقة بالمفصل أو المفاصل نفسها . هذا ، **وتتصف المفاصل المتحركة** (الحقيقية) بوجه عام بميزات تميزها عن غيرها من المفاصل ، من أبرزها ما يلي :

١ - يسمح المفصل (المتحرك) دائماً بالحركة ؛ لذا تسمى هذه المفاصل بالمفاصل المتحركة أو المفاصل الحقيقية True Joints .

٢ - تكون السطوح المفصلية المتقابلة (الداخلة في تكوين المفصل) مغطاة بطبقة غضروفية تسمى الغضروف المفصلي Articular Cartilage .

٣ - يحتوي المفصل على تجويف يسمى **التجويف المفصلي** Joint Cavity الذي يحتوي على كمية من سائل لزج كثيف القوام يسمى **السائل الزلالي** Synovial Fluid يسّهل من زلق السطوح المفصلية المتقابلة بعضها على بعض وبالتالي يقيها شرّ الاحتكاك . كما يعمل الزلال كوسط يحمل المواد الغذائية للغضروف المفصلي . ولهذا تسمى المفاصل المتحركة (الحقيقية) بالمفاصل الزلالية Synovial Joints (انظر إلى الشكل ٦-٩) .

٤ - يوجد للمفصل غشاء يتكون من نسيج (ضام) من النوع الوعائي هو **الغشاء الزلالي** Synovial membrane الذي يبطن المفصل كله ما عدا السطوح المفصلية المغطاة بالغضروف المفصلي . وينتج (الغشاء الزلالي) **السائل الزلالي** Synovial Fluid أو ما يسمى **الزيت المفصلي** Joint oil الذي يزيت المفاصل ويسّهل حركتها وانزلاق العظام .

٥ – ترتبط الأجزاء المتفصلة الداخلة في تكوين المفصل بعضها ببعض بواسطة عدد من الأربطة الموجودة على الوجه الخارجي لمحفظته المفصلية Articular Capsule.

بناء على ما تقدم ، يتبيّن أن التركيب العام للمفاصل المتحركة الزلالية متشابهة بوجه عام ؛ وتحتوي على عدة تراكيب (الشكل ٦–٩) هي :

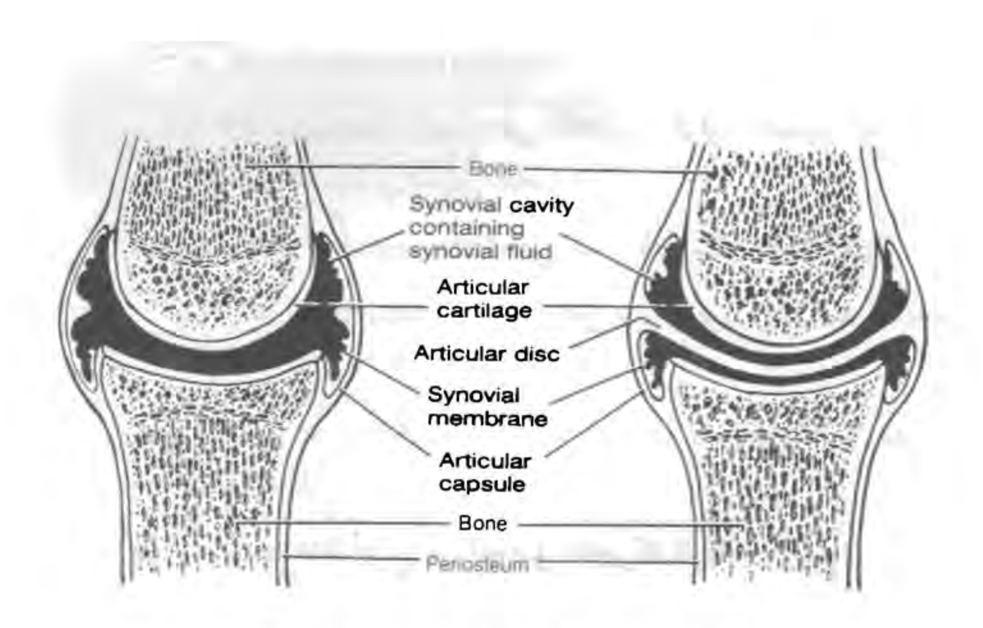
١ – السطوح المفصلية Articular surfaces .

٢ – الغضاريف المفصلية Articular cartilage .

٣ – المحفظة المفصلية Articular Capsule وتتكون من غشائين هما : أ – الغشاء الزلالي ، ب – الغشاء الليفي – أو المحفظة الليفية أو المحفظة الرابطة .

٤ – السائل الزلالي Synovial Fluid.

٥ – التجويف المفصلي أو الزلالي Articular (synovial) Cavity.



الشكل (٦–٩) : تركيب المفاصل المتحركة الزلاليّة

٦ – الأربطة Ligaments وتقسم حسب موقعها من المحفظة المفصلية إلى :

أ – الأربطة الداخلية المفصلية (المحفظة الداخلية) كما في الأربطة الماسكة لعظام الرسغ أو عظام العقب مع بعضها .

ب – أربطة المحفظة الخارجية ، وهي توجد خارج محفظة المفصل ؛ وتشمل هذه الأربطة : الأربطة الجانبية والأربطة الأمامية والخلفية ، والأربطة الحلقية .

٧ – الأوعية الدموية واللمفاوية Blood and Lymph Vessels .

٨ – الأعصاب Nerves.

وتسمح المفاصل الحقيقية **القيام بحركات واسعة** النطاق ؛ والحركات التي تسمح بها هذه المفاصل هي :

١ – حركة زلقية Gliding movement وهي حركة ينزلق فيها سطح مفصلي مستو تقريباً على سطح مفصلي مقابل يتطابق معه تماماً .

٢ – حركة زاوية Angular movement وتشمل :

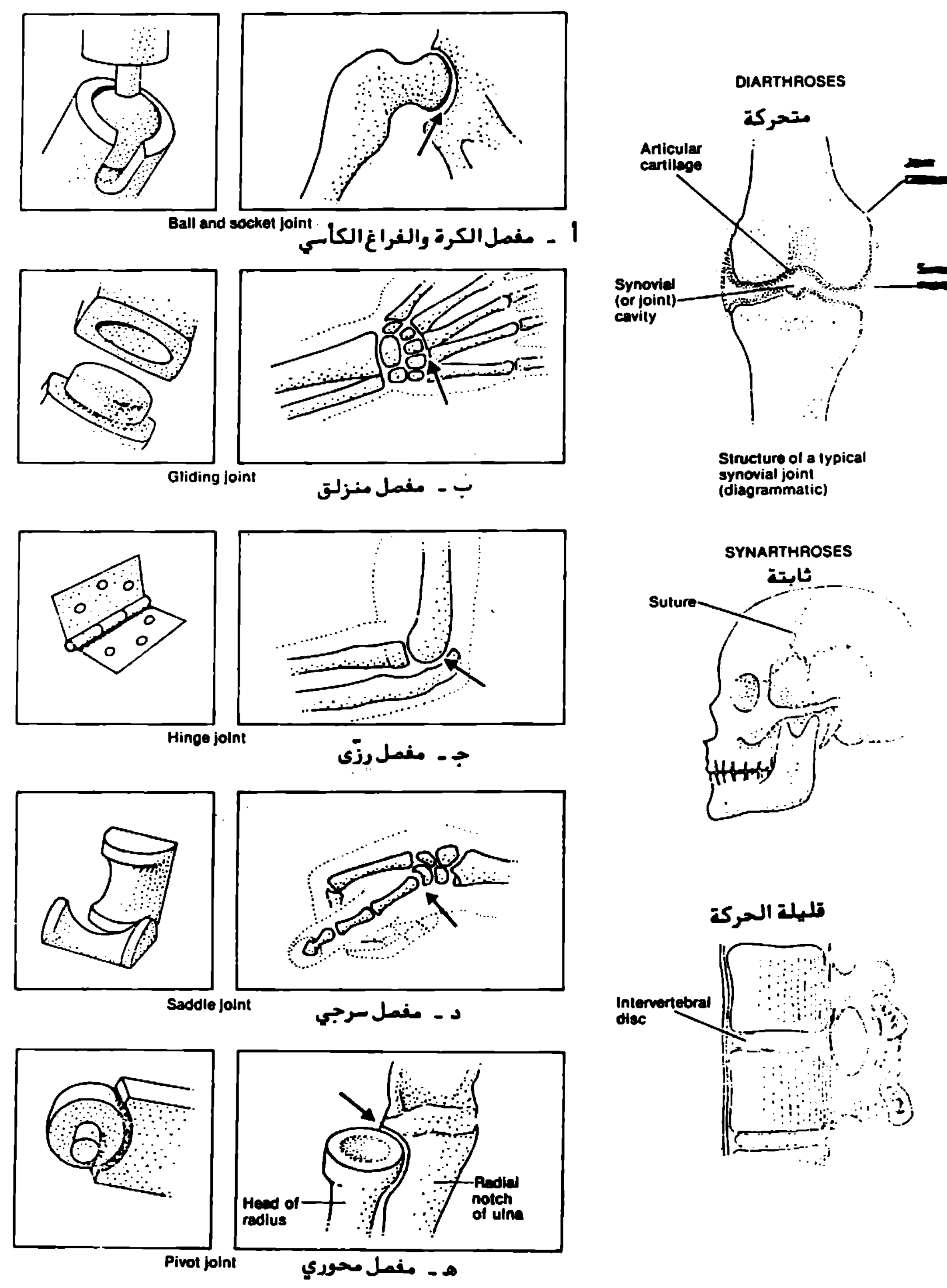
أ – الانثناء Flexion وتعمل على الاقلال من الزاوية المحصورة بين أجزاء العظام الداخلية في تكوين المفاصل .

ب – البسط أو المدّ Extension وهي الحركة العكسية لعملية الانثناء .

جـ – التقريب Adduction وتعمل على ضم (تقريب) القائمة تجاه خط وسط الجسم .

د – التبعيد Abduction وهي (عكس التقريب) حركة القائمة بعيد عن خط وسط الجسم.

هذا ، وتوجد **عدة أنواع من المفاصل المتحركة الزلالية** (انظر إلى الشكل ٦–١٠) هي :



الشكل (٦-١٠): أنواع المفاصل المتحركة الزلاليّة

١ - **مفصل الكرة والفراغ الكأسي** Ball and Socket Joints يعتبر هذا المفصل أكثر المفاصل حرية في الحركة في جميع الجهات بما فيها الدوران ، إذ يتحرك الرأس الكروي الشكل في فراغ كأسي الشكل لعظم آخر (الشكل ٦-١٠-أ) كما في مفصل لوح الكتف مع عظم العضد .

٢ - **المفاصل المنزلقة** Gliding Joints في هذه المفاصل ، ينزلق فيها سطح مستو تقريباً على سطح مفصلي مقابل يتطابق معه تماماً كما في المفاصل بين النتوءات التمفصلية للفقرات التي بين عظام رسغ اليد والقدم (الشكل (٦-١٠-ب).

٣ - **المفاصل الرزيّة** Hinge Joints تكون حركة هذه المفاصل (الرزيّة) محدودة بسطح واحد ، وتتحرك عادة حركة أمامية أو خلفية مثل المرفق ومفصل الركبة ومفاصل الكعب ومفاصل السلاميات ؛ ولهذا توصف (المفاصل الرزيّة) بأنها تقوم بعمل الرزة ، أي تتحرك (العظام المتفصلة) تحرك مفصلية (رزة) الباب (الشكل ٦-١٠-جـ) ولا تتحرك من جهة إلى أخرى نظراً لوجود الأربطة القوية .

٤ - **المفاصل السرجية** Saddle Joints هذه المفاصل قليلة في الجسم ؛ وفيها تتم الحركات حول محورين اثنين تسمح بحدوث الثني والمدّ ، والابعاد والتقريب ، وتستقر السطوح المفصلية **المقعرّة** على السطوح المفصلية **المحدّبة** للعظام المتجاورة (الشكل ٦-١٠-د) كما في مفصل الرسغ ومفاصل بين السلاميات والمشط.

٥ - **المفاصل المحورية** Pivot Joints تتضح في هذا النوع من المفاصل الحركية الدورانية ؛ وفيها تدور الحلقة حول محور مركزي مثل تمفصل الفقرة العنقية الأولى مع الفقرة الثانية . هذا ، وقد يدور المحور ضمن حلقة كما في حالة تمفصل رأس الكعبرة مع عظم الزند (الشكل ٩-٦-هـ) ؛ وفي هذه الحالة تتكامل الحلقة برباط دائري يحيط برأس الكعبرة ويرتبط بحافات الانخفاض الكعبري .

الفصل السابع

الهيكل العضلي Muscular System

الهيكل أو الجهاز العضلي عبارة عن مجموع عضلات الجسم التي بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة ؛ وهو يشكل حوالي ٤٠٪ من وزن الجسم . ويتألف (الهيكل العضلي) من وحدات تركيبيّة هي العضلات Muscles . والعضلات عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية تمكن جسم الانسان من القيام بحركاته الميكانيكة والتنقل من مكان لآخر . وهذه العضلات هي بالفعل عضلات الحركة العامة وهي ما تعرف عادة (باللحم) . أما عدد عضلات الجسم فتختلف حسب المصدر ومع هذا يمكن تقديرها بحوالي (٦٢٠) عضلة أو أكثر .

وظائف العضلات

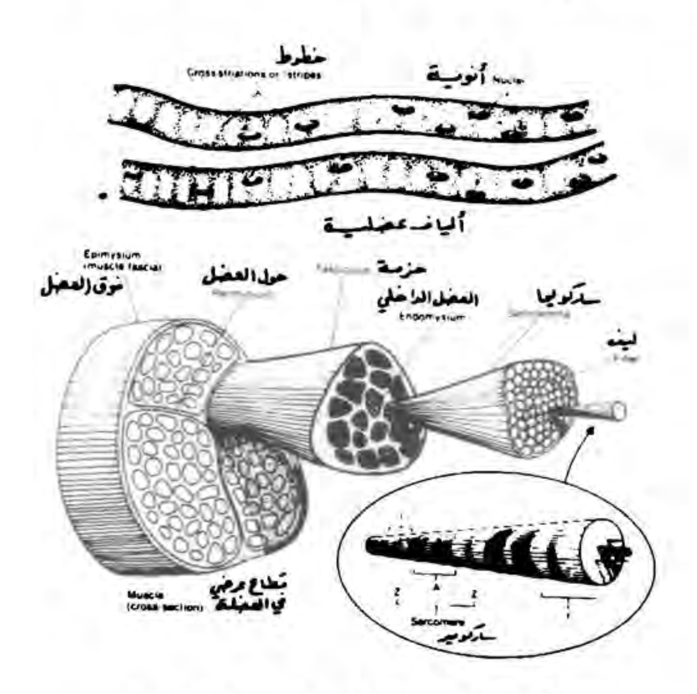
تتميز الألياف العضلية بأنّ لها القدرة على الانقباض (التقلص) والانبساط، وأنّها خيطية الشكل بوجه عام . والانقباض (التقلص) العضلي ضروري لتأدية **النشاطات والوظائف** التالية :

أ – الحركة ، وتتضمن تغيير وضع عضو معين من الجسم بالنسبة لبقية الجسم .
ب – الانتقال من مكان إلى آخر .
جـ – الدوران ، كما في استمرار تحرك (نقل) الدم في الأوعية الدموية .
د – المحافظة على ضغط الدم داخل الأوعية الدموية بفضل العضلات (الملساء) الموجودة في جدران الأوعية الدموية .
و – المحافظة على وضعية الجسم Posture سواء في الجلوس أم الوقوف وذلك بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية .

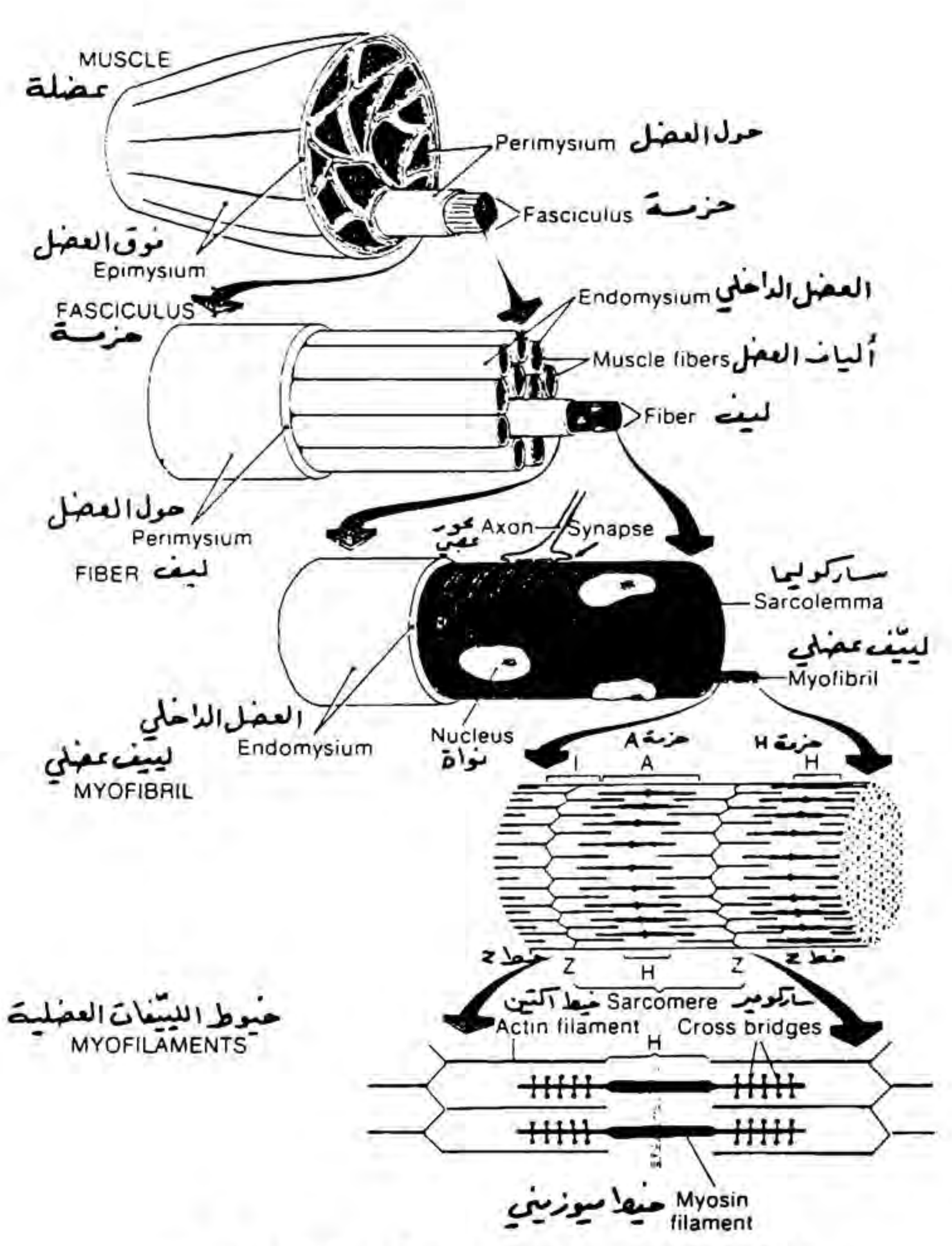
تركيب العضلة

تتركب العضلة من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers . وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوي على لييفات عضلية Muscle Fibrils (Myofibrils) يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين لييفة مرتبة طولياً وموازية للمحور الطولي للعضلة وبعدد كبير من الأنوية .

وتتألف الليفة العضلية (الشكل ٧-١) من : أ - مادة حية (البروتوبلازم) تسمى في العضلات بالساركوبلازم Sarcoplsm. ب - غشاء خلوي يحيط بالساركوبلازم يسمى الساركوليما Sarcolemma . ويتصل هذا الغشاء الخلوي (الليفي) من طرفيه بنسيج ليفي يسمى العضل الداخلي Endomysium. وكل مجموعة ألياف عضلية يحيطها غشاء يسمى حول العضل Perimysium يفصلها عن غيرها من المجموعات العضلية . كما يحيط بالعضلة غشاء آخر يسمى فوق العضل Epimysium وظيفته تقليل الاحتكاك العضلي أثناء الحركة . وتعرف مجموعة الألياف بالحزمة Fasculum.



الشكل (٧-١) : تركيب العضلة الهيكلية



الشكل (٧-٢) : تشريح العضلة والألياف العضليّة واللييفات

وتتركب اللييفة العضلية Fibril من خيوط رفيعة هي (الشكل٧-٢):

أ- خيوط رفيعة توجد في أقراص مضيئة وتمثلها المنطقة (I) وكل منطقة مضيئة

يقطعها في منتصفها غشاء يظهر تحت المجهر كخط يرمز له بالحرف (Z) ويُعرف بالساركومير Sarcomere . وقد تبين في الفحص المجهري ، أنّ الخيوط الرفيعة في الأقراص المضيئة (I) تتكون من مادة بروتينية تسمى اكتين وتدعى عندئذ الخيوط الاكتينية ؛ في حين تتكون الخيوط الغليظة المعتمة (A) من مادة بروتينية أخرى تسمى ميوسين Myosin أو الخيوط الميوزينية .

ب – خيوط غليظة توجد في المناطق الكثيفة (الأقراص المعتمة) ويرمز لها بالرمز (A) . كما توجد منطقة شبه مضيئة (H) في منتصف كل قرص معتم (A) .

أما من **الناحية الكيميائية** فتتركب العضلة من :

أ – ماء حوالي ٧٤٪ ويضفي على العضلة الليونة والمرونة .

ب – بروتينات حوالي ١٨٪ وتتمثل في البروتينات الثلاثة : الميوسين (أكثرها وفرة في العضلة) والاكتين والتروبوميوسين Tropomyosin.

جـ – مواد عضوية كربوهيدراتية (جلايكوجين حيواني) وأملاح معدنية كالبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والفسفور والمغنيسيوم .

أنواع العضلات

يحتوي جسم الإنسان على **ثلاثة أنواع من العضلات** (راجع الفصل الرابع) هي:

١ – **العضلات الهيكلية** (المخططة أو الارادية). Skeletal M. وتتميز بما يلي :

أ – ألياف العضل طولية خيطية (اسطوانية) الشكل وأليافها عديدة الأنوية .

ب – مخططة تحتوي على أشرطة بعضها معتم وبعضها مضيء بشكل متبادل .

جـ – إرادية أي تقلصها (انقباضها) يقع تحت إرادة الفرد ؛ ويمكن أن تتحرك (لا إرادياً) في حالات معينة وبخاصة عند انخفاض درجة الحرارة .

د – سريعة التعب والانهاك .

٢ – **العضلات الملساء** (اللاإرادية) .Smooth M وتتميز بما يلي :

أ – أليافها قصيرة مغزلية الشكل وحيدة النواة .

ب – غير مخططة (ملساء) ومن هنا جاءت التسمية .

جـ – لا إرادية غير خاضعة لارادة الانسان .

د – لا تتعب أو تنهك بسهولة .

٣ – **العضلة القلبية** .Cardiac M وتتميز بما يلي :

أ – أليافها العضلية اسطوانية قصيرة متفرعة .

ب – تحتوي الليفة عادة على نواة واحدة بين كل اثنين من الحواجز (الأقراص) العمودية على الأكثر .

جـ – مخططة ، وتحتوي على ما يسمى بالأقراص البينية التي تربط الألياف المتجاورة كوحدة واحدة وبالتالي يمكن للسيّال العصبي بمكان ما من القلب أن ينتشر بسرعة خلال كل ألياف العضلة ومن ثم انقباض القلب بصورة متزنة ومتقنة كوحدة وظيفية واحدة .

د – لا تُصاب بالانهاك والتعب عادة إلاّ في حالة توقف القلب وموت الانسان .

أمّا من **الناحية المورفولوجية (الخارجية)** فتتكون العضلة من جزء يسمى البطن أو جسم العضلة ، ومن أطراف العضلة المكونة من خيوط ليفية تسمى الأوتار Tendons . والأوتار هي التي تربط العضلات بالعظام . ومن العضلات ما لها وتران فقط (عضلة ذات الرأسين) ومنها ما له ثلاثة أوتار (عضلة ذات الثلاثة رؤوس) أو أكثر .

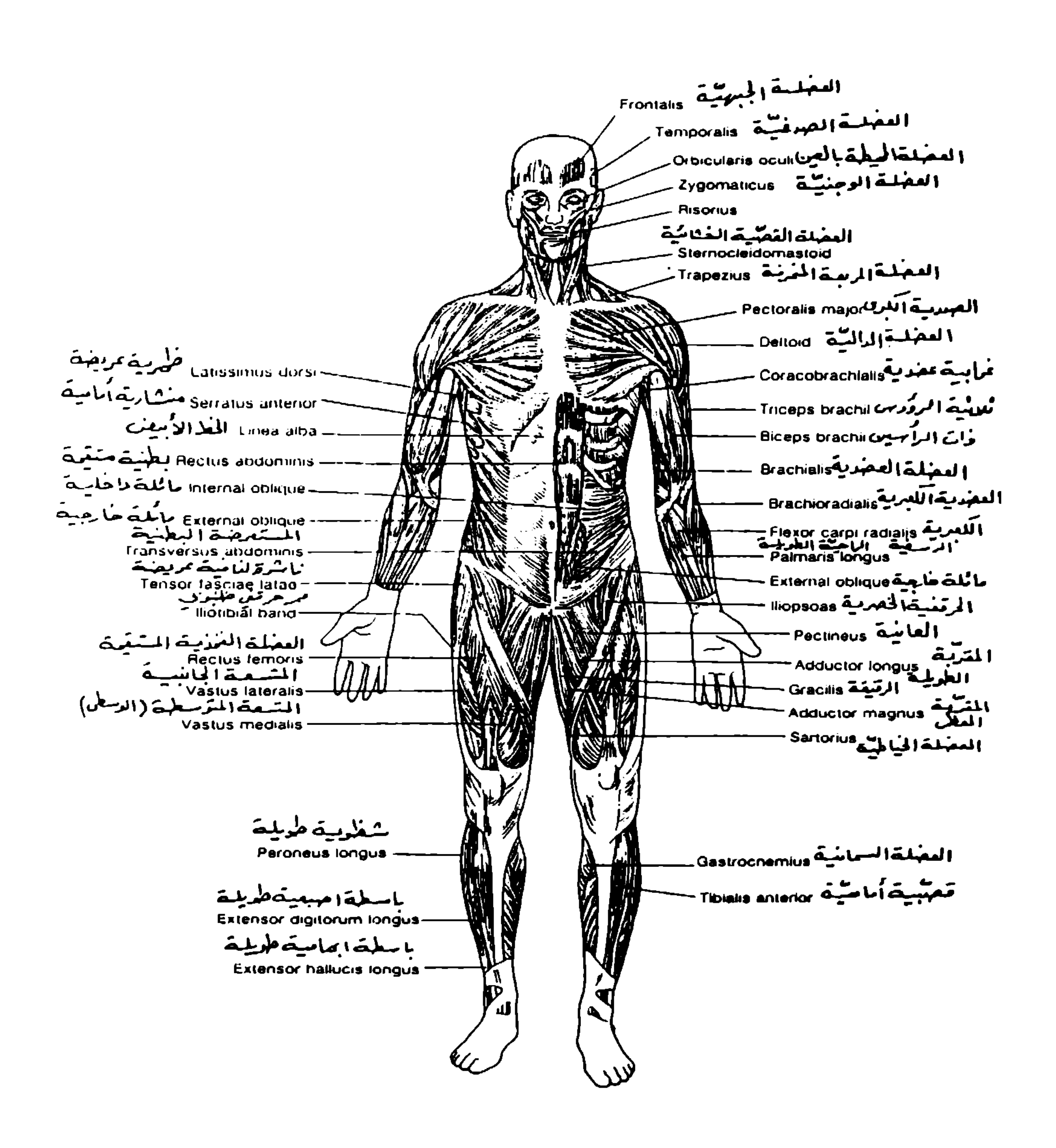
تصنيف العضلات

تصنف العضلات إلى أنواع حسب اعتبارات متعددة وتوضع في مجموعات معينة كما يلي :

١ – **حسب الشكل** ، للعضلات أشكال مختلفة تختلف حسب نوع العضلة وتصنف في مجموعات كما يلي (انظر الشكل ٧–٣) :

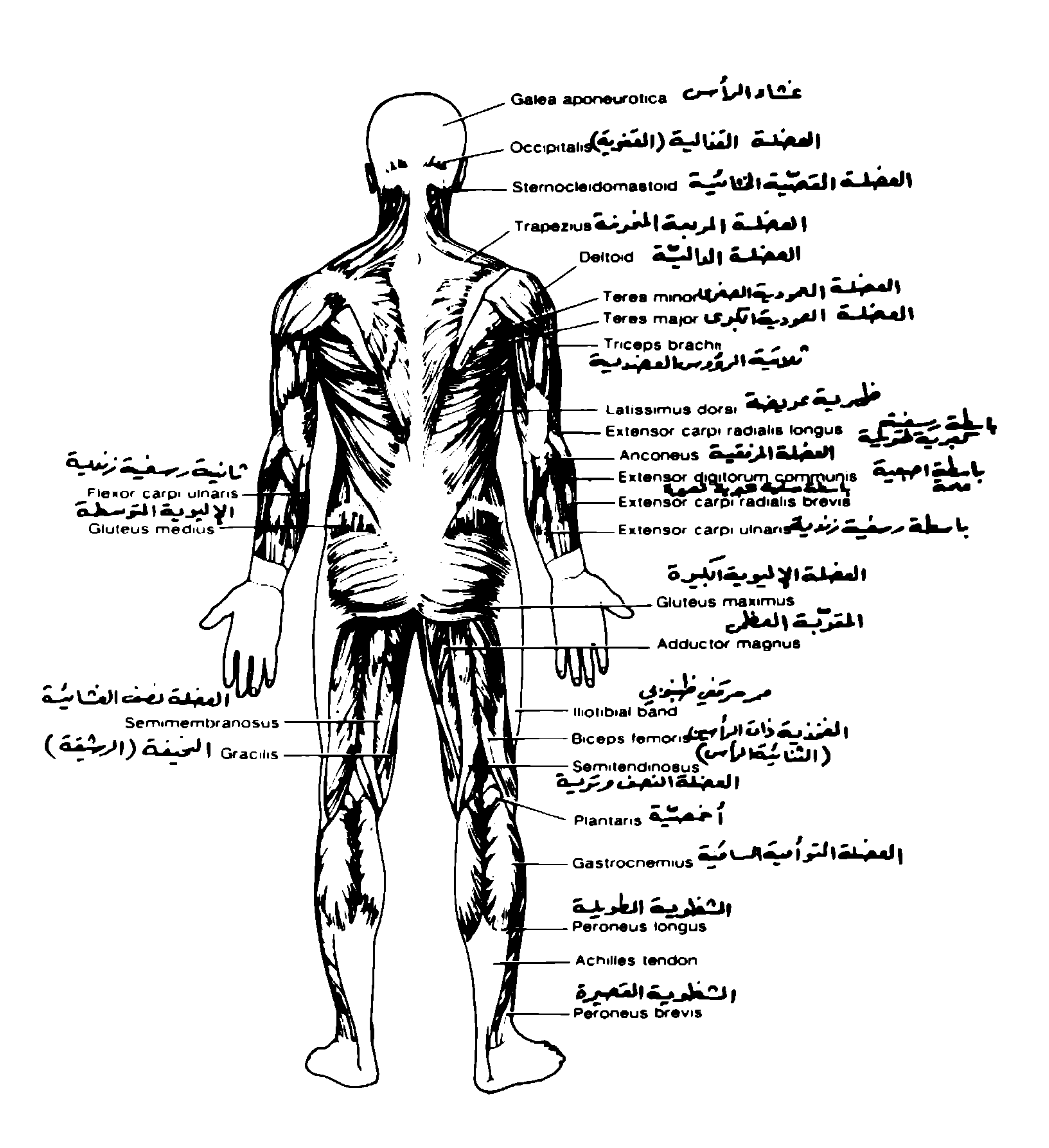
أ – عضلات مغزلية الشكل وتضم العضلات الملساء ومعظم العضلات الهيكلية كمدمج خلوي عام ؛ ومنها ما يكون له وتر واحد (عضلات ذات الرأس الواحد)، ومنها ما له وتران أو ثلاثة أوتار .

ب – عضلات دائرية (عاصرة) ، وهي عضلات حلقية دائرية الشكل ، تتركب من ألياف عضلية دائرية تناسب الوظيفة التي تؤديها ؛ وتوجد في مناطق مختلفة من الجسم كما في عضلات الفم والجفنين وعنق المثانة وفتحة الشرج .



الشكل (٧-٣) : منظر أمامي لعضلات جسم الإنسان

جـ - عضلات مستقيمة ، وتتركب من ألياف طويلة مستقيمة مثل العضلة المستقيمة البطنية التي تمتد أمام البطن والتي عند انقباضها ينحني الصدر على البطن .



الشكل (٧-٤) : منظر خلفي لعضلات جسم الإنسان

د – عضلات سطحية ، وتظهر العضلة مفلطحة أو مسطحة كما في العضلة الصدغية .

هـ – عضلات مثلثة ، كما في العضلة المثلثية .

و – عضلة الحجاب الحاجز ، وهي عضلة هيكلية متسعة عريضة تفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني ، ولها علاقة مباشرة في آلية التنفس في الإنسان .

٢ – **حسب الوظيفة** ، وتصنف العضلات كما يلي :

أ – عضلات مثنية (المثنيات) Flexors تثني جزءاً على آخر كالعضلة ذات الرأسين تثني الساعد نحو العضد .

ب – عضلات باسطة (المبعدات) Extensors تسحب أجزاء الجسم بعيداً عن محور الجسم (أو من طرف) في وضع مستقيم كالعضلة الدالية تسحب الذراع للأمام .

جـ – عضلات مقربة (المقربات) Adductors تقرب من محور الجسم (أو من طرف) كالعضلة الظهرية العريضة تسحب الذراع إلى أعلى وإلى الخلف .

د – عضلات مبعدة (المبعدات) Abductors تمد جزءاً كاللسان نحو الأمام والخارج .

هـ – عضلات ساحبة (الساحبات) Retractors تمد الجزء (اللسان) بسحبه إلى الخلف .

و – عضلات رافعة (الرافعات) Levators ترفع جزءاً كالعضلة الماضغة ترفع الفك السفلي لتغلق الفم .

ز – عضلات خافضة (الخافضات) Depressors تخفض جزءاً من أجزاء الجسم .

ح – عضلات دوارة (الدوارات) Rotators كما في العمل على دوران جزء ما حول محوره .

ط – عضلات باطحة (الباطحات) Supinators وهي دوارات تدير الكف نحو الأعلى ، في حين تكون الدوارات التي تتجه نحو الأسفل مكبات Pronators.

ي – عضلات موترة (موتّرات) Tensors تشد جزءاً ما أكثر مما هو عليه كما في طلبة الأذن.

ك – عضلات مضيّقة (مضيقات) Constrictors تضغط على الأجزاء الداخلية.

ل – عضلات عاصرة (العاصرات) Sphinctors وهي مضيّقات تصغر الفتحة (ومعظمها غير هيكلية).

م – عضلات موسعة (موسعات) Dilators وهي ذات تأثير معاكس (ومعظمها غير هيكلية) .

٣ – تسمى العضلات الهيكلية **تبعاً لاتجاه أليافها** (مائلة أو مستقيمة)؛ أو تبعاً لأماكن وجودها ؛ أو موقعها (صدرية أو بطنية أو فخذية ... الخ) ؛ أو تبعاً لعدد أقسامها (أوتارها) ، أو حسب منبتها أو مغرزها (عضدية أو ركابية) ؛ أو نسبة لحجمها (كبيرة أو طويلة) ... الخ .

هذا ، وعلى الرغم من كثرة عضلات الجسم التي يختلف عددها باختلاف المصدر ، إلاّ أننا سنورد **بعض العضلات الرئيسية المنتخبة** كما في عضلات : الرأس والعنق والكتف والأطراف الأمامية والسفلية على النحو التالي :

أولاً : عضلات الرأس والعنق : وتضم **العضلات الرئيسية** التالية (انظر إلى الشكل ٧–٥):

١ – العضلة الماضغة .Masseter M وتعمل على رفع الفك السفلي (المتحرك) عند المضغ .

٢ – العضلة البوقية (المبوقة) .Buccinator M وتعمل عى شدّ الخد وضغط الطعام بين الأسنان ؛ ويعصبها العصب المخي السابع (الوجهي) .

٣ – العضلة الجناحية .Pterygoid M وتقع تحت العضلة الماضغة ؛ وكما تدل التسمية ، فإنّ العضلة مقسمة إلى قسمين : الداخلي والخارجي (الجانبي Lateral) وتعمل على رفع الفك السفلي أو خفضه ؛ ويعصبها العصب المخي الخامس (العصب التوأمي الثلاثي) .

٤ – العضلة الصدغية .Temporal M وتعمل على رفع الفك السفلي ، ويعصبها فرع من فروع العصب التوامي الثلاثي (الخامس) .

٥ – العضلة الفكيّة اللاميّة mylohyoid وتعمل على رفع العظم اللامي أو

سحبه إلى الأمام أو الخلف ، كما تساعد على عملية قضم الطعام .

٦ – العضلة الوجنية Zygomaticus وتعمل على سحب زوايا الفم إلى الخلف وإلى الأعلى ؛ ويعصبها العصب المخيّ السابع (الوجهي) .

٧ – العضلة المحيطة بالفم Oris orbicularis وتعمل على تحريك الشفاه ، ويعصبها العصب السابع (الوجهي) .

٨ – العضلة المثلثة Triangularis وتعمل على خفض الشفة السفلى .

٩ – العضلة الرباعية الشفوية السفلى Quadratus Lobii Inferioris وتقع أسفل العضلة المحيطة بالفم ، وتعمل على تحريك الفك السفلي .

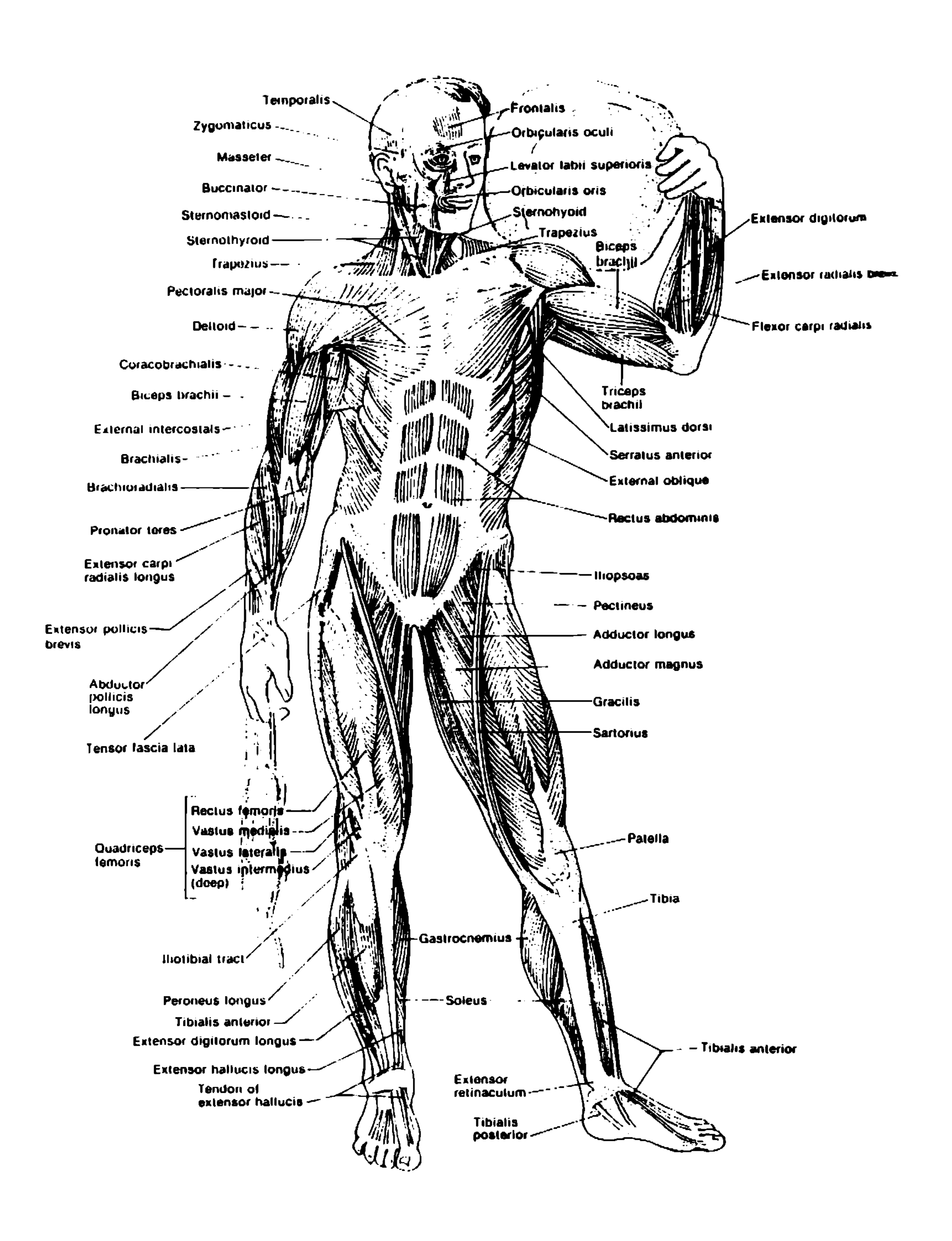
١٠ – العضلة المحيطة بالعين Orbicularis oculi وهي عضلة ، كما تدل التسمية، تحيط بالعين ، وتعمل بالتالي على غلق الأجفان وتجعّد الجبهة (في التعبيرات الوجهية المختلفة) وتعصر الغدد الدمعية ؛ ويعصبها العصب المخي السابع (الوجهي).

١١ – العضلة الجبهية فوق العينية Epicranius Frontalis وتعمل على رفع حاجب العين وتجعّد الجبهة عند التعبيرات الوجهية المختلفة .

١٢ – العضلة فوق الأذنية الصدغية Epicranius auricularis / Temporalis وتقع في منطقة العظم الصدغي ، وتعمل على تحريك الأذنين (قليلاً) ؛ ويعصبها العصب المخي الوجهي (السابع) .

١٣ – العضلة الخشائية Sternomastoid وهي عضلة سطحية تقع على جانب العنق بصورة مائلة (الشكل ٧–٥) ، وتمتد من أسفل الأذن حتى عظمة القص . وتعمل على تحريك الرأس ، كما تعمل بالتعاون مع عضلات أخرى على سحب الرأس أماما ، وترفع الذقن ؛ ويعصبها العصب المخّي الحادي عشر (الزائد أو الاضافي) .

١٤ – العضلة المربعة المنحرفة Trapezius وهي عضلة مسطحة مثلثة الشكل ، وتعمل على سحب اللوح باتجاه العمود الفقري وتدوره إلى الأعلى ، وتحركه إلى الخارج في الوقت نفسه .



الشكل (٧-٥) : منظر أمامي للعضلات الرئيسية في الجسم

١٥ – العضلة العنقية الطويلة Longus Coli وتعمل على ثني الرأس ؛ وتعصبها بعض الأعصاب الشوكية العنقية .

١٦ – العضلة الرئيسية الطويلة Longus Capitis وتعمل على ثني الرأس ؛ وتعصبها بعض الأعصاب الشوكية (الطرفية) العنقية .

١٧ – العضلة الرئيسية الطحالية Splenius Capitis وتعمل على بسط الرأس ؛ وتعصبها بعض الأعصاب الشوكية العنقية .

ثانياً : عضلات الكتف : وتضم **العضلات الرئيسية** التالية :

١ – العضلة المنشارية الأمامية Serratus anterior وهي عضلة مروحية الشكل، تغطي النصف الخلفي (تقريباً) من القفص الصدري ؛ وتعمل على إبعاد عظمة اللوح .

٢ – العضلة الصدرية الصغرى Pectoralis minor وهي عضلة ذات ثلاثة أجزاء تربط عظمة اللوح بالأضلاع ، وتعمل على إبعاد اللوح .

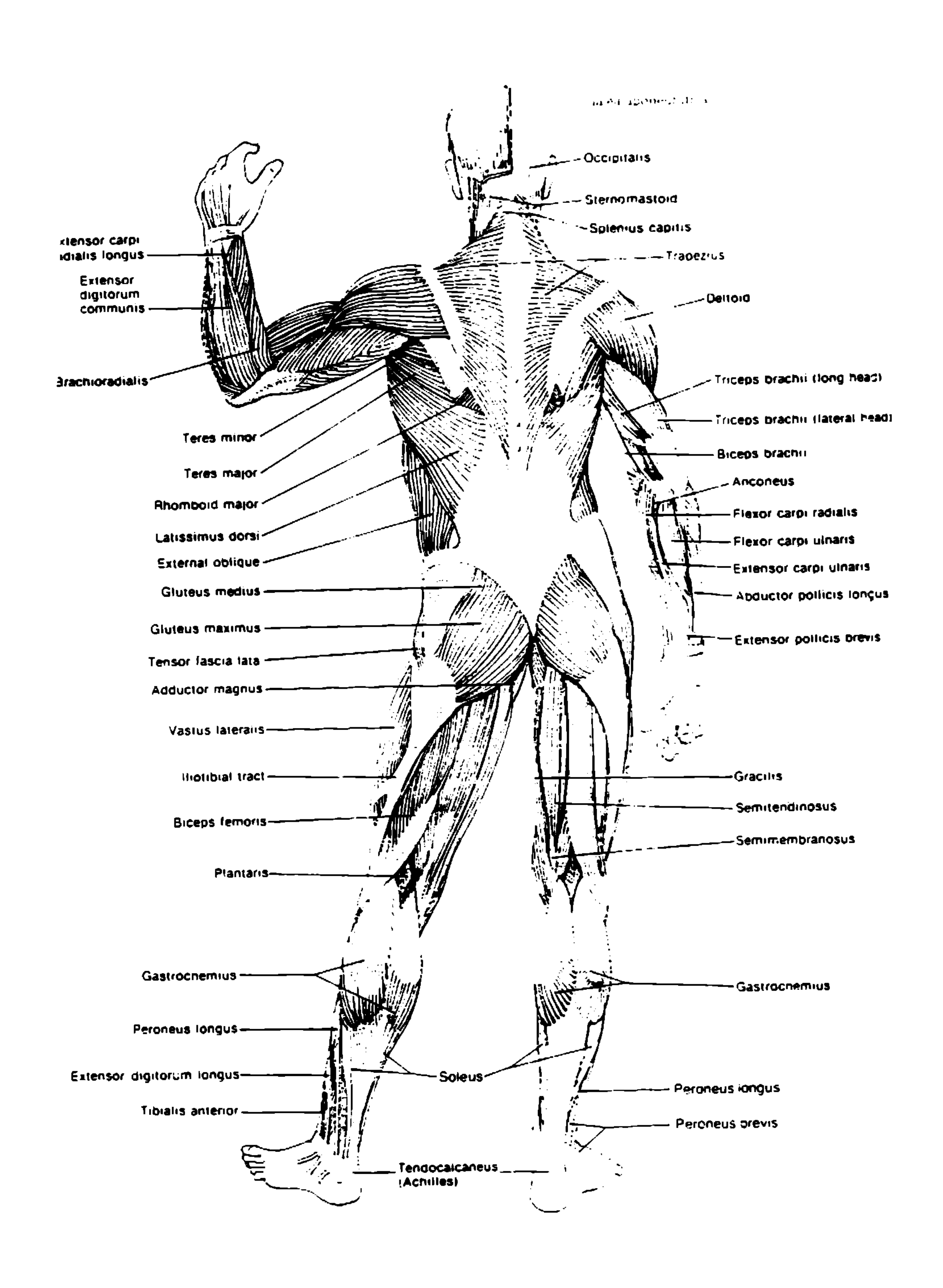
٣ – العضلة الصدرية الكبرى Pectoralis major وهي عضلة تغطي الجزء الأمامي من مقدمة الصدر ، وتعمل على سحب الذراع باتجاه الجسم .

٤ – العضلة الدالية Deltoid وهي عضلة مثلثة الشكل ، تعمل على إبعاد عظمة العضد .

٥ – العضلة المعينيّة الصغرى Rhomboid minor وتعمل على تقريب عظمة اللوح .

٦ – العضلة المعينيّة الكبرى Rhomboid major وتقع أسفل العضلة المعينيّة الصغرى (انظر إلى الشكل ٧–٦) ؛ وتعمل على تقريب عظمة اللوح .

٧ – العضلة العريضة الظهرية Latissimus dorsi وهي عضلة مسطحة عريضة تقع خلف الكتف وتصل حتى المنطقة القطنية . وتعمل على تقريب عظمة العضد وتدويرها إلى الداخل ؛ كما تحرك الذراع إلى الأسفل وإلى الخارج .



الشكل (٧-٦) : منظر خلفي للعضلات الرئيسية في الجسم

٨ – العضلة رافعة اللوح Levator scapula وهي (كما تدل التسمية) تعمل على رفع اللوح .

ثالثاً : عضلات الأطراف العليا : وتضم **العضلات الرئيسية** التالية :

١ – العضلة الدالية Deltoid وهي عضلة كما ذكر سابقاً مثلثة الشكل ، تعمل على إبعاد عظمة العضد .

٢ – العضلة ذات الرأسين Biceps brachii وهي عضلة ذات رأسين (وترين)، وتعمل عند انقباضها على سحب الكعبرة إلى الخارج حيث تسحب اليد معها .

٣ – العضلة الغرابية العضدية Coracobrachialis وتعمل على ثني الذراع العلوي .

٤ – العضلة العمودية الصغرى Teres minor وتعمل على تدوير عظمة العضد إلى الخارج .

٥ – العضلة العمودية الكبرى Teres major وتعمل على بسط العضد وسحبه إلى الأسفل وإلى الخلف .

٦ – العضلة العضدية Brachialis وهي عضلة قوية نسبياً تعمل على ثني الذراع الأمامي .

٧ – العضلة العضدية الثلاثية Triceps brachii وهي عضلة ذات ثلاثة رؤوس (أوتار)، وتعمل على بسط الذراع الأمامي .

٨ – العضلة الكابّة العمودية Pronator وهي عضلة مدورة الشكل ، تعمل على تدوير راحة اليد إذ تتجه نحو الأسفل .

٩ – العضلة الكابّة المربعة Pronator quadratus وهي عضلة صغيرة مستطيلة الشكل ، وتعمل (كالعضلة السابقة) على تدوير راحة اليد إذ تتجه نحو الأسفل .

١٠ – العضلة الباسطة Supinator وهي عضلة تساعد العضلة ذات الرأسين على تدوير اليد لتكون راحتها باتجاه الأمام .

١١ – العضلة العضدية الكعبرية Brachioradialis وهي عضلة سطحية ، تعمل على ثني الذراع .

١٢ – العضلة الباسطة الكعبرية الرسغية الطويلة Extensor Carpi Radialis longus وتعمل (كما يدل الاسم) على بسط (وابعاد) الذراع الأمامي .

١٣ – العضلة الباسطة الرسغية الكعبرية الصغيرة Extensor carpi radialis brevis وتعمل على بسط وابعاد الذراع الأمامي .

١٤ – العضلة الباسطة للاصابع Extensor digitorum وهما عضلتان متجاورتان تمتدان نحو السطح الخلفي للذراع الأمامي ، وتعمل على بسط الرسغ والأصابع الأربع الداخلية.

١٥ – العضلة المبعدة الابهامية الطويلة Abductor pollicis longus وتعمل على إبعاد الابهام .

١٦ – العضلة المبعدة الابهامية القصيرة Abductor pollicis brevis وتعمل على بسط وابعاد الابهام .

١٧ – العضلة الباسطة الرسغية Extensor carpi ulnaris وتعمل على بسط الاصبع الخامس الصغير .

١٨ – العضلة الثانية الرسغية الزندية Flexor carpi ulnaris وهي عضلة لها رأسان (وتران)، تعمل على ثني وابعاد الاصبع الخامس (الصغير) .

١٩ – العضلة الباسطة الرسغية الكعبرية Extensor carpi radialis وتعمل على ثني وابعاد الاصبع الثاني والثالث .

رابعاً : عضلات الأطراف السفلى : وتضم **العضلات الرئيسية** التالية التي تقع **في السطح الخلفي** للطرف السفلي ، وهي :

١ – عضلة الإلية الكبرى Gluteus maximus وتعمل على بسط الحوض (الشكل ٧–٦) .

٢ – عضلة الإلية الداخلية Gluteus medius وتعمل على إبعاد عظمة الفخذ .

٣ – العضلة الفخذية ذات الرأسين Biceps femoris وهي عضلة ذات رأسين (وترين) ، تعمل على ثني عظمة الفخذ .

٤ – العضلة النصف وترية Semitendinosus وتعمل على ثني الفخذ .

٥ – العضلة النصف غشائية Semimembranosus وتعمل على ثني الفخذ .

٦ – العضلة الرفيعة Gracilis وتعمل على ثني الفخذ .

٧ – العضلة السمانية Gastrocnemius وهي عضلة ذات رأسين ، تعمل على ثني الأخمص .

٨ – العضلة الأخمصية Soleus وتعمل على ثني الأخمص .

٩ – العضلة الشظوية الطويلة Peroneus longus وتعمل على بسط القدم وقلبه .

خامساً : عضلات الأطراف السفلى : وتضم **العضلات الرئيسية** التالية التي تقع في **السطح الأمامي** للطرف السفلي ، وهي :

١ – العضلة الموترة اللفافة Tensor fascia Lata وتعمل على إبعاد الفخذ .

٢ – العضلة الرباعية الفخذية Quadriceps femoris وهي عضلة كبيرة الحجم تتألف من أربعة أقسام (الشكل ٧–٥) هي :

أ – الفخذية المستقيمة Rectus Femoris .

ب – المتسعة الجانبية Vastus lateralis .

جـ – المتسعة الداخلية Vastus medialis .

د – المتسعة المتوسطة Vastus intermedius .

وتلتقي هذه الأقسام (الرؤوس) الأربعة بوتر عام يحيط بعظمة الرضفة ويمر فوق مفصل الركبة حتى ينتهي ببروز القصبة العلوي . وتعمل العضلة على بسط الفخذ – عند ثبات الركبة ، كما تضادد في عملها ست عضلات أخرى لها دور مهم في المشي وعند الوقوف .

٣ – العضلة الخياطة Sartorius وهي أطول عضلة في الجسم (انظر إلى الشكل ٧–٥) تمر بصورة مائلة عبر مقدمة الفخذ ، وتعمل على ثني الفخذ.

٤ – العضلة الرفيعة Gracilis وتعمل ، كما ذكر سابقاً ، على ثني الفخذ .

٥ – العضلة المقرّبة الكبرى Adductor magnus وتعمل على تقريب الفخذ .

٦ – العضلة المقرّبة الطويلة Adductor longus وتعمل على تقريب الفخذ .

٧ – العضلة الحرقفية الخصرية Iliopsoas وهي عضلة طويلة وقوية ، تتكون من قسمين : العضلة الحرقفية Iliacus والعضلة الخصرية الكبرى Psoas major وتقوم العضلتان بثني الفخذ على الجذع .

سادساً : عضلات الجذع : وتضم **العضلات الرئيسية** التي تقع على السطح **البطني** للجذع ، وهي :

١ – العضلة الخارجية المائلة External oblique وهي أكبر عضلات المنطقة البطنية ، وتساعد (العضلة) على دفع الهواء خارجاً في عملية الزفير . وتعصبها بعض الأعصاب الشوكية الصدرية والأعصاب الشوكية القطنية .

٢ – العضلة الداخلية المائلة Internal oblique وتعمل العضلة على دفع الهواء خارجاً في عملية الزفير .

٣ – العضلة المستعرضة البطنية Transversus abdominis وتقع تحت العضلة الداخلية المائلة ، وتساعد على دفع الهواء عند عملية الزفير .

٤ – العضلة المستقيمة البطنية Rectus abdominis وتمتد من عظمة القص إلى عظم العانة ؛ وتعمل بالتعاون مع عضلات البطن الأخرى على ثني الجذع أو الجسم ، وحمل محتويات البطن ودعمه .

الانقباض العضلي

قلنا إنّ العضلات تمتاز بقدرتها على الانقباض (التقلص) والانبساط، ولهذا فهي المسؤولة عن الحركات المختلفة للجسم . ولكي يتم ذلك على أصول متناسقة، لابد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هي :

أ – الجهاز الهيكلي (العظمي) : يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ، ويعمل على دعامة الأطراف المتحركة من جهة ثانية . ولهذا فالمفاصل لها دور هام في حركة أجزاء الجسم المختلفة .

ب – الجهاز العصبي : يعطي الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات ذات العلاقة فتستجيب تبعاً لذلك إما بانقباضها أو انبساطها .

جـ – الجهاز العضلي : وعضلاته مسؤولة عن حركة الجسم ؛ والعضلات غالباً ما يسيطر عليها الانسان وتسمى بالعضلات الارادية (الفصل الرابع) وتشكل معظم عضلات الجسم ، وبعضها لا يستطيع الانسان التحكم فيها تماماً كالعضلات الملساء وعضلة القلب .

بناء على ما سبق ، قد يتبادر إلى الذهن **الأسئلة التالية** : كيف تنقبض (تتقلص) العضلة ؟ وما هي البنية الكيميائية للعضلة المستريحة ؟ وما فعل السيالات العصبيّة على العضلة وفسيولوجية استجابتها للحفز العصبي ؟ وكيف يتم التناسق والتآزر بين الأجزاء السابقة ؟

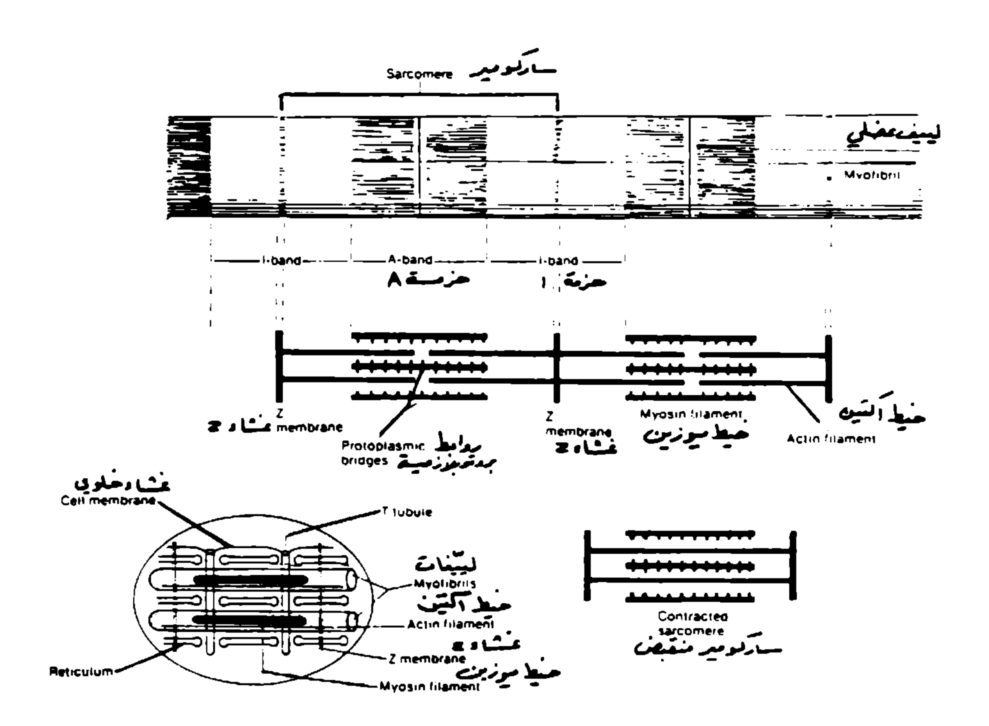
قلنا إنّ الجهاز الهيكلي يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات بالإضافة إلى دعامة الأطراف (العضلات) المتحركة . وهذه العضلات الهيكلية الارادية – أو بالأحرى الألياف العضلية الخارجية لغشاء الليفة العضلية مشحونة بشحنة موجبة بالنسبة لداخل الغشاء الليفي العضلي . ويرجع وجود الفرق بالجهد للفرق في تركيز الأيونات بين خارج وداخل الغشاء الليفي العضلي . أما المؤثر الذي يسبب انقباض العضلة الإرادية فهو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من الحبل الشوكي والمخ ، إذ إنّ نهاية المحور العصبي للخلية العصبية تتفرع لتكون ما يعرف بالتشعبات الطرفية Terminal arborization ، وينتهي كل تشعب نهائي بانتفاخ يدعى بالزر الطرفي Terminal button ، وكل زر طرفي يحتوي على عدد كبير من

حويصلات دقيقة تسمى **الأكياس المشبكية** Synaptic Transmitters . وهكذا تلتصق بنهايات التشعبات الطرفية العصبية التصاقاً محكماً بالليفة العضلية ولكنها تبقى دائماً خارج الغشاء الليفي العضلي . وبناء عليه ، فإنّ وصول السيال العصبي – عبر المحور العصبي – يؤثر على الأزرار الطرفية للتشعبات العصبية النهائية ، وتفرز من الأكياس التشابكية مواد ناقلة (**أستيل كولين** Acetylcholine) لا تلبث أن تسبح بدورها في الفراغ الموجود بينها وتصبح في تماس مع الليفة العضلية الإرادية وبالتالي تسبب تلاشي فرق الجهد على غشاء الليفة العصبية وانعكاسه ؛ بمعنى أن داخل الغشاء الليفي العضلي يصبح موجباً بالنسبة لخارجه وذلك لزيادة نفاذية غشاء الليفة العضلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية ، وهذا يؤدي إلى انقباض العضلة وعندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة اللااستقطاب Depolarization . إلاّ أنّ فرق الجهد على غشاء الليفة يعود إلى وضعه الطبيعي بعد جزء صغير من الثانية وذلك بفعل عمل أنزيم (الكولين استريز Cholinesterase) – وهو أنزيم متوفر في نقاط الاتصال العصبي العضلي – والذي يعمل على تحطيم الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتالي يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعي في حالة الراحة وتكون عندئذ مهيأة للاستجابة للحفز مرة أخرى ... وهكذا .

آلية انقباض العضلة : فرضية الخيوط المنزلقة

بالنسبة لتفسير آلية انقباض العضلة ، ظهرت عدة فرضيات لتفسير انقباض العضلات . وتعتبر فرضية (الخيوط المنزلقة) أو (نظرية الانزلاق) التي اقترحها (هكسلي) أشهر هذه الفرضيات . وتعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهري الدقيق (الشكل ٧–٧) لألياف العضل ، إذ إنّ كل ليفة عضلية كما ذكر سابقاً ، تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما : الأولى خيوط رفيعة اكتينيّة Actin والثانية خيوط غليظة ميوزينية Mysoin . وبعد أن قارن هكسلي باستخدام المجهر الالكتروني (الشكل ٧–٧) ليفة عضلية في حالة انقباض بأخرى في حالة الراحة ، استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية (الاكتين والميوزين) تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض (تقلص) العضلة . وتفترض هذه النظرية وجود روابط

مستعرضة تمتد من خيوط الميوزين وتصلها بخيوط الاكتين ، وبالتالي فإنّ الانقباض العضلي يحدث عندما تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب (بمساعدة الطاقة) المجموعات المتجاورة من خيوط الاكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض (تقلص) اللييفات العضلية . إلاّ أن هذه الفرضية (الخيوط المنزلقة) لا تستطيع أن تفسّر آليّة انقباض العضلات الملساء وذلك لاختلاف ترتيب الخيوط البروتينية المكونة لألياف العضلات الملساء عن ترتيب نظيراتها في العضلات الهيكلية ، علاوة على أن بعض التقارير العلمية تشير إلى أن الخيوط البروتينية في ألياف العضلات الملساء تتكون من نوع واحد يشبه إلى حد كبير الخيوط الاكتينية للعضلات الهيكلية .



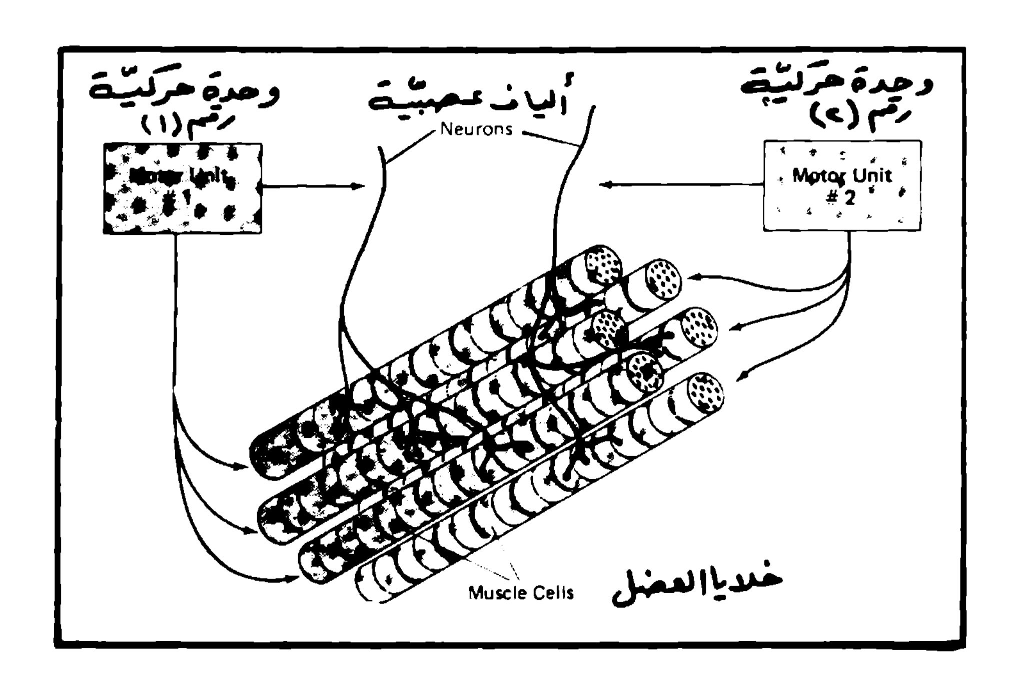
الشكل (٧-٧) : التركيب المجهري لليفات ونظرية الانزلاق

الوحدة الحركية : Motor Unit

لمعرفة المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلي ، لابد من التعرف على

مفهوم الوحدة الحركية ، التي تعتبر (الوحدة الوظيفية) للعضلة الهيكلية . فالانقباض العضلي ما هو إلاّ حصيلة لانقباض جميع الوحدات الحركية المؤلفة للعضلة .

تتألف الوحدة الحركية (الشكل ٧-٨) من الليفة العضلية والخلية العصبية التي تغذيها . وبدخول الليف العصبي (الحركي) الليفة العضلية ، يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية . وكل ليف عصبي (حركي) يغذي عدداً من الألياف العضلية يتراوح ما بين (٥-١٠٠) ليف عضلي بواسطة تفرعاته النهائية التي يتصل كل واحد منها بالليفة العضلية بالصفيحات النهائية الحركية Motor End Plates . ويسمى الليف العصبي الواحد ومجموعة الألياف العضلية التي يتصل بها الوحدة الحركية . ومن **خواص الوحدةالحركية فسيولوجياً ما يلي :**



الشكل (٧-٨) : وحدة حركية

١ - تتبع (الوحدة الحركية) **قانون الكل - أو - العدم All - or - none Law**

بمعنى أنّ الحوافز (المثيرات) العصبية التي تسري في الليف العضلي تؤدي إلى انقباض جميع الألياف العضلية في الوحدة الحركية وبنفس القوة . وقد أشارت التجارب العلمية في المختبر ، أنّه إذا حفزت العضلة عن طريق العصب ، فإنّ أي وحدة حركية في العضلة إمّا أن تستجيب وبمقدار ثابت إذا كان الحفز كافياً يفوق (شدة المنّبه) شدة العتبة Threshold ، أو لا تستجيب لأنّ الحفز العصبي لم يكن كافياً أو ضعيفاً دون العتبة .

٢ – لكل وحدة حركية **قابلية معينة للاستجابة** ، أي أنّ للوحدة الحركية المختلفة في العضلة عتبات Thresholds مختلفة . فعلى سبيل المثال ، حفز معين قد يكون كافياً لاحداث استجابة في بعض الوحدات الحركية لكنه غير كاف لاحداث أية استجابة في وحدات حركية أخرى في نفس العضلة . وعليه ، فإنّ الحفز الضعيف يُسبب استجابة في (عدد محدّد) من الوحدات الحركية ، وكلما زادت قوة الحفز ارتفع عدد الوحدات الحركية المستجيبة . وبعبارة أخرى ، لا تتبع (العضلة ككل) قانون الكل – أو – العدم ، في حين كل (وحدة حركية) فيها تتبع هذا القانون (الكل – أو – العدم) .

أما بالنسبة **لعمل العضلات الهيكلية** من الناحية المورفولوجية فتكون إما عضلات قابضة (مقربة) أو عضلات باسطة (مبعدة) ؛ وعمل العضلة يكون باتجاه مغاير أو مضاد للعضلة الأخرى أي أنّه إذا كانت العضلة الأولى تقبض أو تثني المفصل أو تقرب العظمين فإنّ العضلة الأخرى تعمل على انبساط المفصل أو إبعاد العظمين وهكذا . ولتوضيح ذلك نقدم المثال التقليدي التالي الذي يوضح ما يحدث عند تحريك الساعد على العضد (حاول أن تعمل ذلك) ؛ والعضلات المعنية هنا نوعان : عضلة ذات الرأسين Biceps وعضلة ذات الثلاثة رؤوس Triceps ، فعند رفع الساعد تنقبض العضلة ذات الرأسين الممتدة أمام العضد فيتحرك الساعد نحو العضد . أما عند بسط أو إعادة الساعد إلى وضعه الأصلي ، تنقبض العضلة ذات الثلاثة رؤوس وتسبب ابتعاد الساعد عن العضد . وهكذا يكون عمل إحداهما مضاد أو معاكس لعمل الأخرى . فالأولى عندما تكون عضلة قابضة تكون الثانية باسطة وهكذا . ونفس الشيء يحدث عند انثناء الساق على الفخذ فتنقبض العضلة الفخذية ذات الرأسين الممتدة خلف

الفخذ ، وإذا أردنا ارجاع الساق على استقامة الفخذ تنقبض العضلة الفخذية المستقيمة، أي أنّ عمل العضلة الفخذية ذات الرأسين معاكس لعمل العضلة الفخذية المستقيمة .

نستنتج مما سبق أن **أهمية الهيكل العضلي** ترجع إلى كونه المسؤول عن حركة الجسم والتنقل من مكان لآخر . ولكن هل يمكن تحريك العضلة باستمرار ولمدة طويلة؟.

لقد وجد أنّه إذا كانت انقباضات العضلة متتالية وسريعة أنّ الدم لا يستطيع نقل الأُكسجين بالسرعة الكافية ليفي باحتياجات العضلة كي تقوم بعملية التنفس وانتاج الطاقة . ولهذا تلجأ العضلة إلى تحليل مادة الجلايكوجين (النشا الحيواني) إلى جلوكوز الذي لا يلبث أن (يتأكسد) بطريقة التخمر (لا تحتاج إلى اكسجين) لانتاج طاقة تعطي العضلة فرصة أكبر للعمل . ولكن هذه العملية لا تستمر مدة طويلة إذ إنّ الانسان سرعان ما يشعر بالتعب أو الإجهاد Fatigue وذلك نتيجة لتراكم حامض معين يسمى **حامض اللكتيك** في العضلة مما يضطر عندها الشخص التوقف عن الحركة حتى تصل كمية كافية من الأُكسجين لتقوم بعملية التنفس الهوائي (الخلوي) الذي ينتج طاقة كبيرة جداً إذا ما قورنت بالطاقة الناتجة من عملية التخمر السابقة الذكر . والآن هل تستطيع أن تفسّر لماذا يُنصح الأشخاص ذوو السمنة الزائدة بالتحرك ولعب الرياضة ؟

الفصل الثامن

الجهاز العصبي Nervous System

يتميز الإنسان عن بقية الكائنات الحية الأخرى على اختلاف أنواعها وأحجامها، بأنه يملك جهازاً عصبياً راقياً . هذا الجهاز هو الذي مكّن الإنسان من تسخير البيئة بما عليها لسعادته ولتدميره في آن واحد . إنّه الجهاز الذي مكّن الإنسان من اختراع السيارة والطيارة والتلفزيون والأقمار الصناعية ... والعقل الالكتروني . وعليه ، مم يتركب هذا الجهاز ؟ وما وظيفته ؟ هذا ما سنحاول الاجابة عنه في هذا الفصل .

يُعتبر الجهاز العصبي أكثر أجهزة الجسم تعقيداً ويشبه عادة بجهاز التلفونات ؛ فالجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي) يمثل السنترال ، بينما تمثل الأعصاب سواء المتصلة بالدماغ أو الحبل الشوكي الأسلاك ؛ في حين أعضاء الاستجابة والاستقبال تمثل أجهزة المشتركين . وينشأ الجهاز العصبي من طبقة الاكتودرم أثناء التطور الجنيني . هذا ، ويمكن اجمال **الوظائف التي يؤديها** بما يلي :

١ - **يتحكم في نشاطات جميع وظائف أجهزة جسم الإنسان الأخرى وينسق أعمالها بدقة بالغة .**

٢ - وسيلة تلقي المعلومات سواء من البيئة الخارجية أو البيئة الداخلية بواسطة أجهزة الاستقبال ثم الاستجابة لها ، وبالتالي يجعل الإنسان على اتصال مباشر ودائم مع ما يحدث في بيئته الخارجية والداخلية فيحفظ الوضع الداخلي للإنسان ثابتاً ومتزناً Homeostasis في غمرة هذه العوامل البيئية

الداخلية والخارجية المتغيرة ، ويكون هذا بالتعاون مع جهاز الغدد الصمّاء (الفصل التاسع) .

وفي هذا الصدد ، ينبغي التذكير بأنّ **الفعل الأنعكاسي** Reflex Action العصبي هو **الوحدة الوظيفية** للجهاز العصبي ، وبالتالي فإنّ جميع الوظائف التي تقوم بها الأجزاء المختلفة من الجهاز العصبي – مهما كانت معقدة بوجه عام – أساسها الأفعال الانعكاسية ؛ ويتم عن طريقها ربط البيئة الخارجية للجسم بجميع أجزائه ، وكذلك ربط جميع أعضاء وأجهزة الجسم المختلفة بعضها ببعض . ويقصد بالفعل الانعكاسي العصبي جميع العمليات التي تحدث داخل جسم الإنسان وتنشأ كرد فعل ذاتي – لا إرادي – استجابة لفعل مؤثر ما ويشترك فيها الجهاز العصبي المركزي . وتسمى الطريق التي تمر بها السيالات العصبية **بقوس الفعل الانعكاسي** Reflex Arc الذي يبدأ من المستقبل وينتهي بالعضو (العضلات والغدد) الذي سيقوم بالاستجابة (أو الرد) على المؤثر . وعليه ، **يتكون القوس الانعكاسي** – الذي يعمل كأساس لكثير من النشاطات العصبية – من الأجزاء التالية :

أ – المستقبلات الحسيّة Sensory Receptors ، وتستلم **المعلومات** إما من خارج بيئة الإنسان أو من أعضائه الداخلية التي تدخل على شكل طاقة ضوئية أو ميكانيكية أو حرارية أو صوتية أو كيميائية (الشكل ٨–١) .

ب – الأعصاب الحسيّة (أو الواردة) Sensory (Afferent) Neurons وهي عبارة عن الخلايا المتصلة بأعضاء الاستقبال (المستقبلات) وتنتشر عادة في الجلد وأعضاء الحس المختلفة .

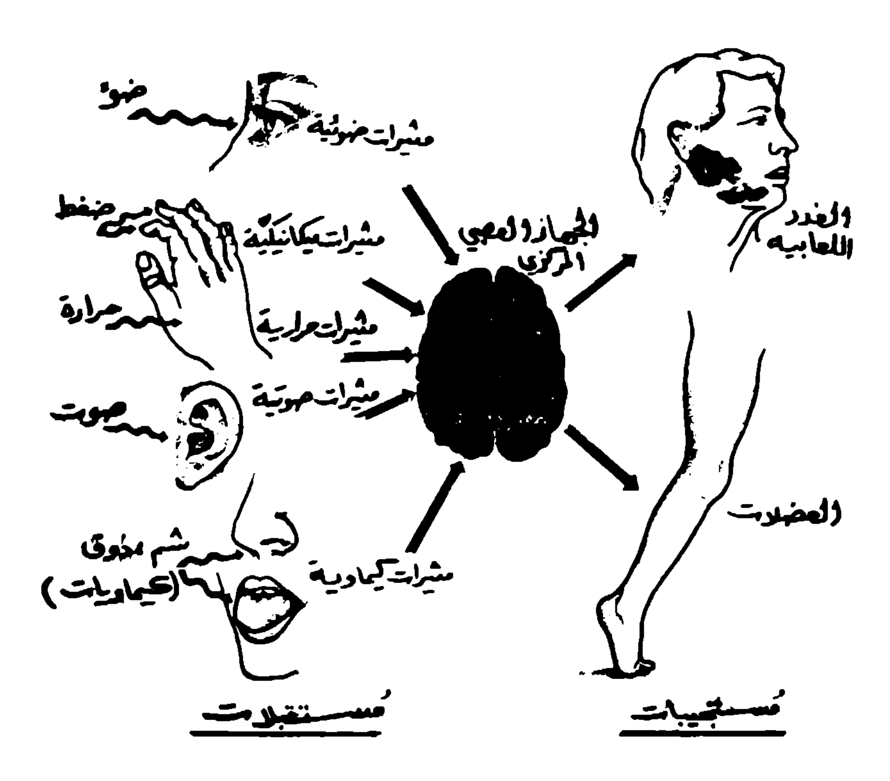
جـ – الخلايا العصبية الوسطية Internuncial Neurons .

د – الأعصاب الحركية (أو الصادرة) Motor (Efferent) Neurons وهي الأعصاب المتصلة بأعضاء الاستجابة .

هـ – المؤثرات Effectors أو أعضاء الإستجابة (العضلات والغدد) .

ويمكن توضيح القوس الانعكاسي بما يحدث عند ملامسة (الإنسان) أي مصدر

ذي درجة حرارة عالية إذ بعد استلام المعلومات وتقييمها لابد من الإستجابة السريعة برد فعل وهو الابتعاد عن مصدر الحرارة .



الشكل (٨-١) : المثيرات الخارجيّة وأعضاء الاستجابة

٣ - مسؤول عن استجابات الكائن الحي (الإنسان) الواعية واللاواعية بما فيها الأفكار والعواطف والذكريات ... الخ .

٤ - مركز مهم لأعضاء الحس والبصر والسمع والذوق والألم والتفكير والكلام والتعليل والضغط والارادة . وهكذا نستنتج أنّ أي خلل أو تلف في أي جزء من أجزاء الجهاز العصبي يؤدي إلى عجز خطير في جسم الإنسان.

الخلية العصبية : Nerve Cell (Neuron)

تعتبر الخلية العصبية الوحدة التركيبية والوظيفية للنسيج العصبي . وهي خلايا

متخصصة جداً تختلف بالحجم والطول والشكل ؛ فقد تتراوح ما بين بضعة مليمترات إلى بضعة أمتار كما في الحوت . وتوجد بشكل رئيسي في الأجزاء الرئيسية للجهاز العصبي في الدماغ والنخاع الشوكي والعقد العصبية في مختلف المواقع في الجسم، بينما محاورها وتشعباتها هي التي تنتشر في أجزاء الجسم المختلفة . كما تتصف بخاصتي **التنبه والنقل** ؛ والنقل يتم باتجاه واحد من الزوائد العصبية إلى جسم الخلية ومن جسم الخلية إلى المحور العصبي . والخلية العصبية **لا تعوض إذ إنّ الإنسان** يولد مزوداً بكافة خلاياه العصبية ، وتتوقف عن الانقسام قبل أو عند تشكلها وبالتالي تدخل في إعداد الخلايا الدائمة التي لا تنقسم ؛ فإذا تعرضت إحدى الخلايا للتلف فلن تنشأ خلية عصبية جديدة لتحل مكانها . ماذا يحدث لو استطاع الأنسان تجديد خلاياه العصبية باستمرار ؟

والشكل (٨-٢) يبين **تركيب الخلية العصبية** ، وهي تتركب من الأجزاء التالية :

١ - **جسم الخلية** Cell Body ويحتوي السيتوبلازم والنواة وأجسام جولجي وميتوكندريا وحبيبات صبغية ، وشبكة من الليفات العصبية . كما تحتوي على مواد أخرى على شكل حبيبات تعرف بأجسام أو حبيبات نسل Nis-sil Bodies التي تتركب من RNA وبروتين وآثار من الحديد . أما الليّفات العصبية فهي عبارة عن خيوط رفيعة متداخلة تمتد إلى جسم الخلية ولها علاقة بالنشاطات العصبية للخلية . ولا تحتوي الخلية العصبية على سنتريولات لذا فقدت قدرتها على الانقسام .

٢ - **زوائد أو شجيرات عصبية** Dendrites تبرز من جسم الخلية العصبية زوائد يختلف عددها من خلية لأخرى ، فقد تكون ذات فرع واحد فتسمى خلية عصبية وحيدة القطب Unipolar Neuron ، أو يخرج منها فرعان فتسمى خلية ثنائية القطب .Dipolar N ، أو تكون عديدة التفرع وتسمى عندئذ خلية عديدة الأقطاب .Multipolar N وهو النوع الشائع بين خلايا النسيج العصبي .

٣ - **المحور العصبي** Axon ، زائدة عصبية طويلة قد يمتد طولها ما بين عدة مليمترات إلى بضعة أمتار ؛ ويتكون نتيجة لاستطالة إحدى الزوائد العصبية،

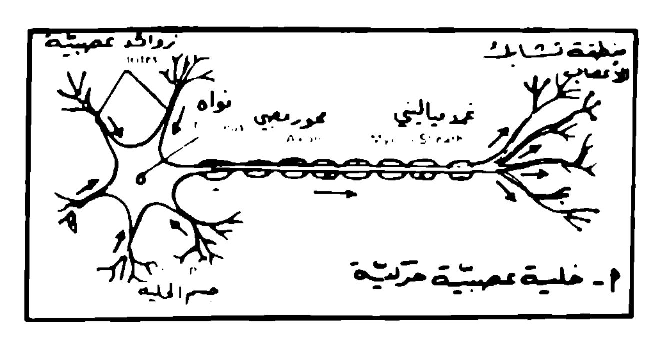
الذي بدوره ينتهي بتفرع عصبي شجري نهائي ، وغالباً ما يحاط المحور أو يغلف بغمد نخاعي أو بأغشية خلوية مكونة من دهون وبروتين تسمى (مايلين)Myelin Sheath تكونها خلايا خاصة تعرف بخلايا شوان Schwan Cells المحيطة بالغمد النخاعي الذي يتقطع على أبعاد متتابعة بعدد من الاختناقات تعرف باسم عقد رانفيرNode of Ranvier . كما يحيط بالغمد النخاعي طبقة رقيقة تغلفه من الخارج تعرف بالغشاء العصبي (نيروليما) Neurolemma ويحمي الليفة العصبية من القطع إذا ما تعرضت للجذب الشديد وتفرزه خلايا شوان السابقة الذكر . يعمل المحور العصبي على نقل السيالات العصبية Im-pulses من جسم الخلية إلى منطقة تشابك الأعصاب . هذا ، وقد وجد أن المحاور المغطاة بالمادة الدهنية عازلة توصل السيالات العصبية أسرع من نظيرتها الخالية من هذه المادة .

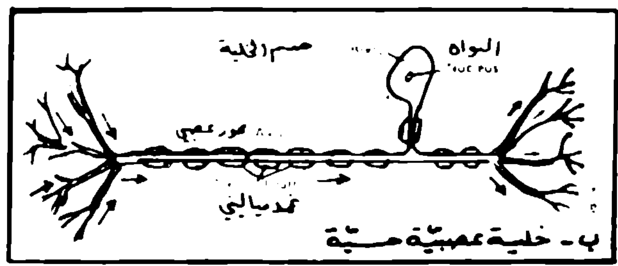
الشكل(٨-٢): تركيب الخلية العصبية

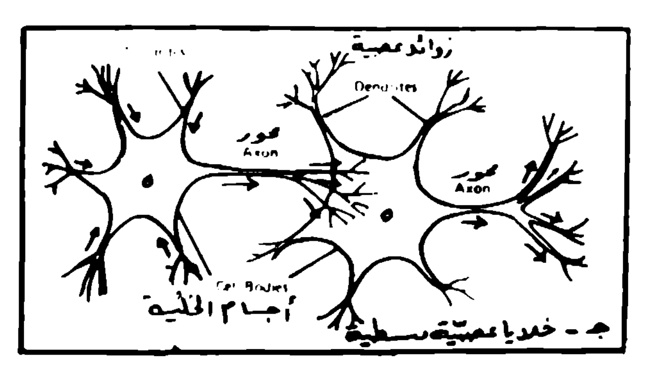
أنواع الخلايا العصبية :

تقسم الخلايا العصبية حسب وظيفتها إلى ثلاثة أنواع (الشكل ٨-٣) وهي :

١ – **خلايا عصبية حسية** Sensory Neurons وهي عبارة عن الخلايا المتصلة بأعضاء الاستقبال ، وتنتشر عادة في الجلد وأعضاء الحس الأخرى كالعين والأذن واللسان والأنف ، وظيفتها تتسلم أو تستقبل المنبهات أو المثيرات العصبية من خارج أو داخل الجسم على السواء وتنقلها على شكل سيالات عصبية إلى النخاع الشوكي والدماغ . هذا وقد تُصنف هذه الخلايا حسب نوع المنبه إلى خلايا عصبية مستقبلة ضوئية أو مستقبلة كيماوية أو حرارية أو ميكانيكية وهكذا .







الشكل (٨–٣) : أنواع الخلايا العصبية

٢ – **خلايا عصبية حركية** Motor Neurons وهي عبارة عن الخلايا المتصلة بأعضاء الاستجابة كالعضلات والغدد ، وتنقل الأوامر العصبية من الدماغ إلى أعضاء الاستجابة لعمل اللازم .

٣ – **خلايا عصبية وسطية (بينية)** Internuncial (Associated) Neurons وهي عبارة عن حلقة الوصل بين الخلايا الحسية والحركية ، وتعمل على تسلم السيال العصبي من عضو الاستقبال وتسلمه للخلية العصبية الحركية أو العكس (لاحظ اتجاه الأسهم في الشكل ٨–٣) .

كما توجد **أنواع أخرى من الخلايا العصبيّة** منها ما يلي :

١ – الخلايا العصبية الهرمية Pyramidal Neuron أو ما يسمى بنوع خلايا عصبية جولجي (I) Golgi. وتتميز بمحور عصبي طويل ، كما في الأعصاب المحيطية والممرات الليفية الطويلة في النخاع الشوكي .

٢ – خلايا عصبية من نوع جولجي (II)، وتتميز بمحور عصبي قصير، وتوجد في المادة الرمادية السنجابية في قشرة المخ والمخيخ وشبكية العين .

٣ – خلايا (عصبية) بيركنجي Purkinje's Cells ويوجد لهذه الخلايا العصبية بروزان سميكان سرعان ما ينقسمان إلى فروع دقيقة مزودة بأشواك نحيفة، وتوجد في قشرة المخيخ .

٤ – الخلايا العصبية السليّة Basket Cells ولها محور عصبي طويل ، يرسل بروزاً جانبياً واحداً أو أكثر يحيط بخلايا بيركنجي .

وبالنسبة للزوائد (الشجيرات) العصبية ، تُقسم الخلايا العصبية إلى ثلاثة أنواع (الشكل ٨–٤) :

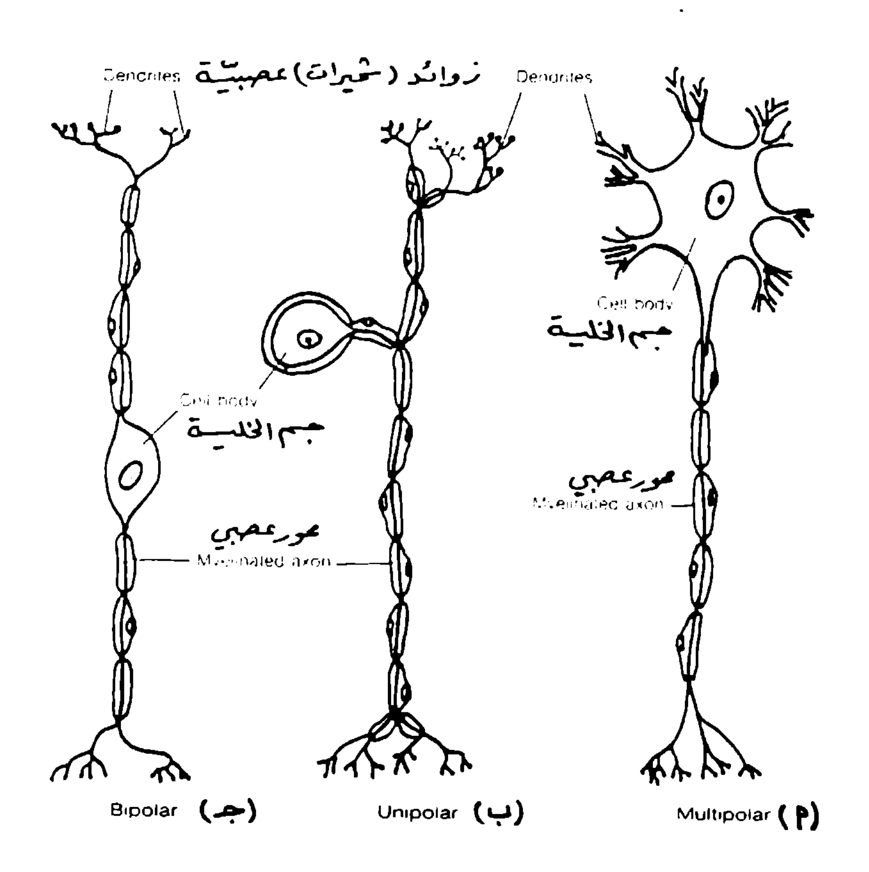
١ – خلايا عصبية وحيدة القطب .Unipolar N ولها محور واحد ، وبالتالي فهي عديمة الزوائد الشجرية ، وهي نادرة الوجود ما عدا في المراحل الجنينية المبكرة .

٢ – خلايا عصبية ثنائية القطب .Bipolar N يوجد لهذه الخلية بروز واحد يناظره محور اسطواني الشكل . ويكون جسم الخلية العصبية غالباً مغزلي

الشكل وتوجد في النسيج الطلائي العصبي الشمّي وشبكية العين والعقد الحلزونية في الأذن.

٣ – خلايا عصبيّة عديدة الأقطاب .Multipolar N وهو النوع الشائع بين خلايا النسيج العصبي .

أمّا بالنسبة لخلايا الغراء (الدبق) العصبي ، فقد تم التحدث عنها وعن أنواعها في (الفصل الرابع) فحاول الرجوع إليها ودراستها .



الشكل (٨–٤) : خلايا عصبيّة

أ – عديدة الأقطاب . ب – وحيدة القطب . جـ – ثنائية القطب

فسيولوجيا الخلية العصبيّة : السيّال العصبي

الليفة العصبية (غير المثارة) مستقطبة كهربائياً ، ويكون السطح الخارجي لغشائها (شبه المنفذ) موجباً نسبياً والداخلي سالباً . ولهذا يوصف غشاء الخلية العصبية بأنه يعاني فرقاً في الجهد الكهربائي يدعى **جهد الراحة** Resting Potential يبلغ حوالي (٧٠) ملي فولت . وتشبه الخلية العصبية غير المثارة (أو غير المحفزة) بالبندقية المحشوة المهيأة للاطلاق عند الإثارة . ويتجلى هذا الإطلاق بتغير مفاجيء في (جهد الراحة) . والسؤال الذي يفرض نفسه هو : ما الذي يسبب (الاستقطاب) ، وكيف يحافظ عليه ؟ تشير نتائج البحوث إلى أن (جهد الراحة) **يرجع إلى الأسباب التالية** :

١ – أعداد الأيونات (الموجبة) هي تقريباً نفس أعداد الأيونات (السالبة) خارج وداخل الخلية ؛ ولكن تركيزات التوزيع غير المتساوية للأيونات تختلف كثيراً ؛ إذ توجد أيونات الصوديوم (Na+) في السائل خارج الخلوي / السائل البيني حوالي (١٠) إلى (١٥) مرة أكثر منها داخل النيرون . في حين أيونات البوتاسيوم (K+) هي (٣٠) مرة داخل الخلية أكبر من خارجها. فالخلية العصبية كباقي سائل خلايا الجسم ، غنية بالبوتاسيوم وفقيرة بالصوديوم بعكس السائل الخارجي (السائل البيني) في الخارج .

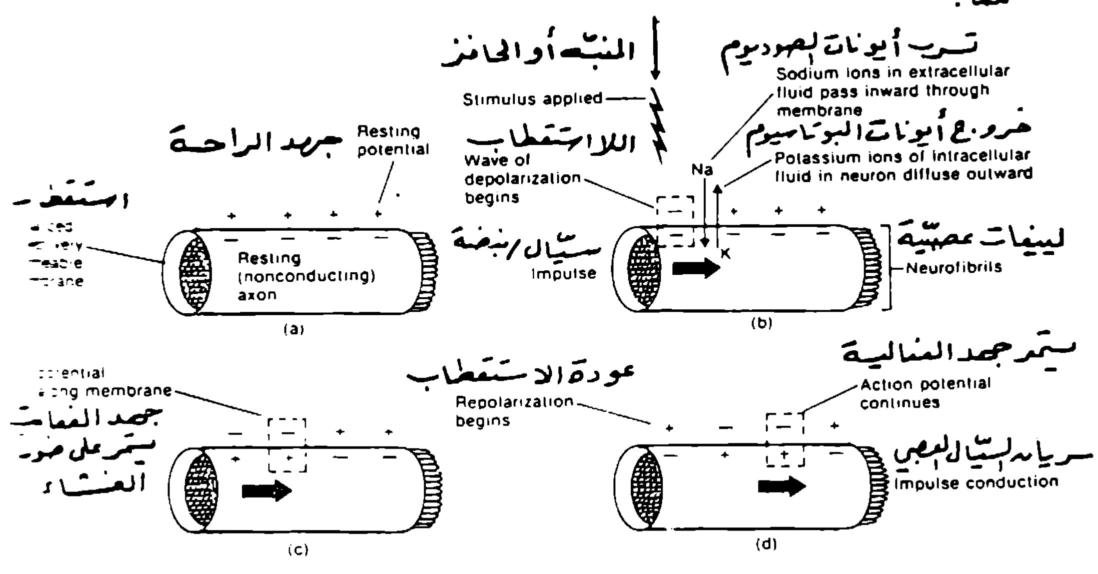
٢ – النفاذية permeability غير المتساوية لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم ؛ فالغشاء العصبي أثناء الراحة (انظر إلى الشكل ٨–٥) أكثر نفاذية للبوتاسيوم منه للصوديوم بحوالي (٤٠) مرة .

٣– وجود أيونات عضوية سالبة (معظمها بروتينات متأينة) ذات أوزان جزيئية عالية داخل الخلايا العصبية ، حيث إنّ معظم هذه (البروتينات) الموجودة داخل الخلية تحمل محصلة (شحنة سالبة) .

ونتيجة لهذه الأسباب الثلاثة مجتمعة ، تتسرب كمية من أيونات البوتاسيوم من داخل الخلية العصبية إلى الخارج وتستقر على السطح الخارجي للغشاء العصبي مكسبة إياه شحنة (موجبة) . في حين يبقى السطح الداخلي للغشاء مشحوناً بشحنة (سالبة). هذا ، ولا تبتعد أيونات البوتاسيوم المتسربة إلى الخارج عن سطح الغشاء لأنها تكون منجذبة من قبل الأيونات العضوية (البروتينات) السالبة الشحنة الموجودة داخل

الغشاء العصبي ، وبخاصة أن هذه الأيونات العضوية (السالبة) لا تستطيع أن ترافق البوتاسيوم (الموجبة) لأن أوزانها الجزيئية عالية . والأن كيف يُنقل السيّال العصبي ؟ ادرس الشكل (٨-٥).

إذا استخدم مؤثر (أو منبه أو حافز) كاف لغشاء الخلية العصبية ، فإنّ الاستقطاب Polarization يزال عند (المكان المنبه) ؛ حيث تتغير بصورة جذرية وفجائية نفاذية غشاء الخلية العصبية لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم ، بحيث يصبح الغشاء (بعد التنبيه أو الحفز) ولفترة قصيرة جداً (أكثر) نفاذية لأيونات الصوديوم منه لأيونات البوتاسيوم ، الأمر الذي يؤدي إلى دخول كميات قليلة نسبياً من هذه الأيونات إلى داخل الخلية العصبية في مكان التنبيه فقط . وعليه ، يؤدي دخول أيونات الصوديوم (لاحظ الشكل ٨-٥) إلى تبدل في الجهد الكهربائي على جانبي الغشاء العصبي في موضع التنبيه بحيث يصبح فرق الجهد الكهربائي أقل مما كان قبل التنبيه ، وتدعى هذه الظاهرة بزوال الاستقطاب (أو اللااستقطاب) Depolarization . وعليه ، يرجع (اللااستقطاب) إلى اندفاع كمية من أيونات الصوديوم الموجبة من الخارج (السائل الخلوي أو البيني) إلى داخل الغشاء العصبي .وفي هذا الصدد ، ينبغي ملاحظة أمرين هما :



الشكل (٨-٥) : انتقال السيّال العصبي

أ- إذا كان اللااستقطاب ضئيلاً ، فإنّه سرعان ما يتلاشى موضعياً خلال أجزاء صغيرة من الثانية .

ب- أمّا إذا بلغ حداً معيناً (حوالي خُمس قيمة جهد الراحة يسمى العتبة Threshold) فإنّه تحدث تغيرات جذرية في الخواص النفاذية للغشاء العصبي ، مما يودي إلى اندفاع (كميات إضافية) من أيونات الصوديوم في فترة زمنية قصيرة إلى داخل الخلية العصبية عند موضع التنبيه (التحفيز) . ومن هنا (ينخفض) جهد الراحة إلى الصفر أولاً ثم يتعدى ذلك بحيث يصبح السطح الخارجي للغشاء (سالباً) والسطح الداخلي (موجباً) بمقدار (٣٠) ملي فولت . إلاّ أنّ هذه الحالة لا تدوم بالطبع طويلاً، حيث (يعود) الغشاء العصبي إلى خواصه النفاذية السابقة ، مما يترتب عليه تسرب كميات قليلة من أيونات البوتاسيوم (حيث تركيزه في الداخل أعلى من تركيزه في الخارج) إلى خارج الغشاء فيكتسب السطح الداخلي من جديد (شحنة موجبة) حوالي ٧٠ ملي فولت بالنسبة للسطح الداخلي . وتسمى هذه الظاهرة بعودة الاستقطاب Repolarization . هذا وتدعى ظاهرة اللااستقطاب (زوال الاستقطاب) من (-٧٠ ملي فولت إلى + ٣٠ ملي فولت) ومن ثم العودة إلى (- ٧٠) ملي فولت بجهد الفعالية Action Potential ، وجهد الفعالية المنتقل بسرعة من الليف العصبي هو في الواقع الحافز (السيّال) العصبي Nerve impulse.

وكخلاصة لما سبق ، يتضح مما تقدم ما يلي :

١- غشاء الخلية العصبية يحمل فرقاً في الجهد الكهربائي (جهد الراحة) ناتج من (خروج) كميات ضئيلة من أيونات البوتاسيوم باستمرار .

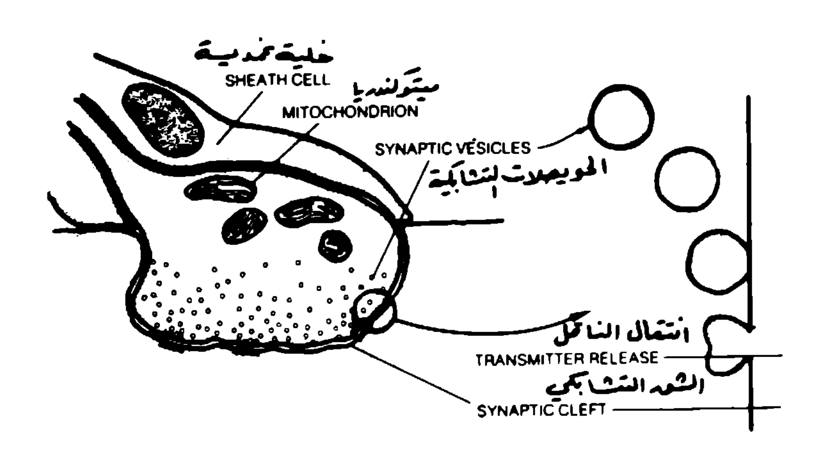
٢- عند التحفيز (التنبيه) ينقلب هذا الفرق في الجهد الكهربائي من (-٧٠إلى ٣٠ ميلي فولت) نتيجة لدخول أيونات الصوديوم إلى داخل الخلية العصبية.

٣- يعود الغشاء العصبي بعد ذلك ، إلى حالة (جهد الراحة) نتيجة لخروج كميات ضئيلة من أيونات البوتاسيوم .

٤- يكون جهد الفعالية Action Potential الناتج من التنبيه (عديم الفائدة) إذا بقي في مكان التنبيه فقط . إلاّ أنّه في الواقع يسري (جهد الفعالية) في الليف العصبي متجهاً نحو نهاية محور الخلية العصبية كما تسري (النار في خيط البارود) ، وذلك إعتماداً على أنّ المنطقة المنبهة (المحفزة) والتي حدث فيها جهد الفعالية ، تكون بمثابة المنبه (المحفز) للمناطق المجاورة للغشاء العصبي .

٥- تعمل المنطقة المنبهة / المحفزة بمثابة منبه أو حافز للمنطقة المجاورة مما يؤدي (كالسابق) إلى انقلاب في الجهد الكهربائي .. الخ . وهكذا تستمر العمليةمن منطقة الغشاء العصبي إلى المنطقة المجاورة ... إلى أن يصل المنبه/ الحافز العصبي إلى (نهايات) تفرعات محور الخلية العصبية التالية عبر ما يسمى التشابك العصبي Synapse . وعليه ، **كيف ينتقل السيّال العصبي عند التشابك العصبي ؟**

تختلف الخلايا العصبية المؤلفة للجهاز العصبي بأنها مترابطة فيما بينهما ترابطاً تركيبياً ووظيفياً بواسطة ما يسمى بالتشابكات العصبية Synapses على عكس خلايا الجسم الأخرى التي ينعدم فيها هذا الترابط . هذا ، وتوجد هذه التشابكات العصبية بين التفرعات النهائية لخلية عصبية والتفرعات الشجرية Dendrites أو جسم الخلية لخلية عصبية أخرى . وتكون التفرعات النهائية منتفخة على شكل حبات العنب تدعى بالأزراز (الأقدام) الطرفية Terminal Buttons . وهذه الأزرار (الأقدام) كمثرية الشكل تكون ملامسة تقريباً لأغشية التفرعات الشجرية (أو جسم الخلية) للخلية العصبية التالية . وقد تبين أنّ هذه الأزرار مملوءة بأكياس (الشكل ٨-٦) صغيرة تدعى الحويصلات التشابكية Synaptic Vescicles تحوي داخلها مواد كميائية لها أهمية كبيرة في انتقال السيّال العصبي من خلية عصبية إلى أخرى . كما تبين أيضاً ، أنّ (غشاء الزر) لا يلامس غشاء الخلية العصبية التالية وإنما توجد بينهما فجوة (أو شق) تسمى بالشق التشابكي أو الهوة التشابكية Synaptic Gap or Cleft . وعليه، كيف ينتقل السيّال العصبي (أو تأثيره) عبر التشابك العصبي ؟ ينتقل السيّال العصبي كيميائياً كما يلي :



الشكل (٨-٦) : انتقال السيّال العصبي عبر التشابك العصبي

١ - عند وصول السيّال العصبي إلى الأزرار (الأقدام) النهائي ينفجر عدد من الحويصلات التشابكية فيتحرر ما بها من مواد كيميائية تسمى الناقلات الكيميائية Chemical transmitters لتسبح في الفجوة (الشق) التشابكية حتى تصل إلى غشاء الزوائد الشجرية Dendrites للخلية العصبية المجاورة .

٢ - يعتقد أنّ التصاق هذه المواد الكيميائية الناقلة على غشاء الزوائد السيتوبلازمية تغير من نفاذية الغشاء العصبي فتؤدي بالتالي إلى زيادة نفاذيتها لأيونات الصوديوم بشكل خاص كما ذكر سابقاً أثناء التنبيه العصبي . وهكذا تقوم هذه المواد (الناقلات) مقام التنبيه / الحافز أو المؤثر الأصيل للزوائد الشجرية السيتوبلازمية مما يؤدي بالتالي إلى نقل (السيّال العصبي) على طول المحور العصبي الأسطواني لهذه الخلية العصبية (المجاورة) للخلية العصبية المثارة / المحفزة أصلاً وكما ذكر سابقاً ... وهكذا دواليك .

٣ - هناك ناقلات كيميائية عديدة ، إلاّ أنه يبدو أنّ أهمها هو : استيل كولين

Acetylcholine (Ach) الذي ما يكاد أن يعمل على زيادة نفاذية غشاء الزوائد الشجرية السيتوبلازمية ، إلاّ وقد عمل أنزيم خاص يسمى كولين استريزCholinestrerase على تحطيم الاستيل كولين (Ach) إلى كولين وحامض الخليك Aceticacid ، وبذلك يتوقف عمل الناقل الكيميائي (Ach) وتعود نفاذية الأغشية العصبية إلى طبيعتها في حالة الراحة . هذا وتسمى الأعصاب التي تفرز مادة (Ach) من أكياسها التشابكية بالأعصاب الكولينية Cholinergic Nerves . وهناك أعصاب تفرز من أكياسها التشابكية مادة الأدرينالين تسمى أعصابها بالأعصاب الأدرينالينية Adrenergic Nerves .

خواص السيّال العصبي :

١ - الخلية العصبية لها استجابة **الكل - أو - العدم** ، وبالتالي يتبع السيّال العصبي قانون الكل - أو - العدم . وعليه فإنّ قوة المنبه (أو الحافز أو المثير) العصبي (بالملي فولت) في أي ليف عصبي معين وتحت ظروف محددة هي ثابتة وغير معتمدة على قوة المنبه / الحافز ما دام أنّ المنبه هو (فوق) العتبة Threshold وكافٍ لا حداث استجابة في الليف العصبي .

٢ - سرعة السيّالات العصبية تتراوح بين بضع سنتميترات إلى حوالي (١٢٠) متر / الثانية في الألياف العصبية . وتتوقف سرعة السيّالات العصبية على عاملين هما :

أ - قطر الليف العصبي ، حيث تتناسب سرعة السيّال العصبي طردياً مع القطر.

ب - الغلاف الدهني (المايليني) Myelin Sheath فالألياف العصبية المغلفة بالمادة الدهنية تنقل المنبهات العصبية بسرعة أعلى من نظيرتها غير المغلفة بالمواد الدهنية .

٣ - يسير السيّال العصبي داخل الجسم باتجاه سير المنبه / الحافز من (الزوائد الشجرية) إلى (جسم الخلية) ثم على طول المحور العصبي فالتفرعات النهائية، ومنها ينتقل (السيّال العصبي) إلى الزوائد الشجرية للخلية العصبية

التالية . ويرجع ذلك ، إلى أن التشابك العصبي Synapse يعمل بمثابة صمّام ذي اتجاه واحد كما هو واضح من تركيبه وطبيعة عمله . أمّا السيّال العصبي في الليف العصبي (المفصول) عن الجسم فيسير في (اتجاهين) من نقطة المؤثر وبنفس السرعة .

أقسام الجهاز العصبي

يقسم الجهاز العصبي إلى قسمين رئيسين هما :

١ – الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS) .

٢ – الجهاز العصبي الطرفي Peripheral Nervous System (PNS) .

أولاً : الجهاز العصبي المركزي CNS

يتركب الجهاز العصبي المركزي من قسمين هامين هما :

١ – الدماغ : Brain.

٢ – النخاع الشوكي Spinal Cord ؛ ويغلف الدماغ والنخاع الشوكي ثلاثة أغشية تسمى أغشية الدماغ أو السحايا Meninges لحمايته من الاحتكاك والمؤثرات الخارجية ، وهي:

أ – **غشاء الأم الجافية** Dura Mater وهو غشاء سميك ليفي متصل بجدار الجمجمة .

ب – **غشاء الأم الحنون** Pia Mater وهو غشاء رقيق جداً يحيط بالدماغ مباشرة ، وتنتشر فيه أوعية دموية كثيرة لتغذية الدماغ .

جـ – **الغشاء العنكبوتي** Arachnoid Membrane وهو غشاء مصلي شفاف يقع بين الغشائين السابقين ، ويوجد فراغ تحت العنكبوت Sub-archnoid Space مملوء بسائل خاص يُدعى السائل المخي الشوكي Ce-rebro - Spinal Fluid يحفظ الدماغ والنخاع الشوكي من الاحتكاك والصدمات الخارجية .

الدماغ Brain

يُعتبر الدماغ أكبر عضو عصبي في جسم الإنسان . ويتركب (الدماغ البشري) من حوالي (١٢-١٥) بليون خلية عصبية أو أكثر . ويشغل أغلب الجمجمة ، ويبلغ وزنه في الإنسان البالغ حوالي (١٤٠٠) غم ؛ وهو يعادل حوالي (٢٪) من وزن الجسم الكلي بوجه عام . وتُعتبر هذه النسبة عالية جداً – إن لم تكن أعلى – إذا ما قورنت بنظيرتها في الحيوانات الفقارية الأخرى . وهو (الدماغ) يحتاج إلى حوالي (٢٠٪) من مدخول الأكسجين الكلي للجسم . هذا ، وتقدر بعض المصادر أنه **تموت** حوالي (٥٠-١٠٠) ألف خلية عصبية دماغية في اليوم الواحد . والخلايا العصبية (وخلايا المخ) لا تُستبدل حين تتلف أو تعطب ؛ إلاّ أن الدماغ يظل ينبت روابط Con-nections جديدة بين الخلايا لمواجهة المتطلبات الجديدة ما دامت البيئة تواجهها بالتحديات أو الاستثارة .

ويوجد داخل الدماغ أربعة بطينات Ventricles ؛ تقع البطينات الجانبيةLateral Ventricles - (وعددها اثنان) في النصفين الكرويين للدماغ (واحد في كل نصف كرة مخيّ) ، والبطين الثالث يقع في منطقة بين الدماغ ، والبطين الرابع عبارة عن بطين عام لمنطقة الدماغ الخلفي (المخيخ والقنطرة) والنخاع المستطيل . وتحتوي البطينات الأربعة على السائل المخي الشوكي Cerebro - Spinal Fluid الذي يحافظ على الدماغ والنخاع الشوكي من الصدمات والهزات والرجات داخل الجمجمة والقناة الفقرية للعمود الفقري . كما أنه يقوم مقام السائل المغذّي ، ويحافظ على تنظيم الضغط داخل الجمجمة .

يبدأ **تكوين الدماغ في الجنين** بشكل انتفاخ في الطرف الأمامي من أنبوبة عصبية Neural Tube تنمو للأمام وتنحني إلى الجهة البطنية ؛ وينشأ بعد ذلك انتفاخ آخر وثالث يقع خلفه ، وبذلك تتكون ثلاثة أجزاء رئيسية تتشكل فيما بعد لأجزاء دماغية أخرى (الشكل ٨-٧) وهذه الأجزاء هي :

أ – الدماغ الأمامي Prosencephalon - Forebrain

ب – الدماغ الأوسط Mesencephalon - Midbrain

جـ – الدماغ الخلفي Rhombencephalon - Hindbain

ويحصل الدماغ على معظم المواد الغذائية اللازمة له وتخليصه من الفضلات عن طريق الدم وقليل جداً من هذه المواد يكون عن طريق السائل النخاعي الذي يملأ كافة تجاويفه التي يبلغ عددها أربعة بما فيها القناة المركزية . **ويستخدم الدماغ الجلوكوز** كمصدر أساسي له لانتاج الطاقة ولعل هذا له علاقةبنسبة السكر في الدم . هذا وأن معدل استهلاك الدماغ من الأكسجين ثابت لا يتأثر بحالة الانسان سواء كان نائماً أو يقظاً أو في حالة راحة أو تعب أو بأي تغيرات في دورة الدم . إلا أنّه يتأثر بالنشاط الفعلي الزائد أو بأي انخفاض في نسبة جلوكوز الدم فقد يحدث الدوخان أو الاغماء عندما تنقص نسبة السكر في الدم بشكل واضح .

الدماغ الأمامي : Forebrain

يتألف الدماغ الأمامي من الأجزاء التالية :

١ – المخ Cerebrum وهو أكبر أجزاء الدماغ حجماً وأكثرها تعقيداً ، ويشكل حوالي ٩٠٪ من حجم الدماغ . ويتركب من خلايا عصبية كثيرة الفروع والمحاور العصبية ؛ ويتألف من طبقتين إحداهما خارجية تسمى القشرة المخية Cerebral Cortex يكثر فيها التجاعيد والتلافيف المخية Gyri خاصة في الإنسان . أما الأسماك والبرمائيات مثلاً لا تحتوي على القشرة المخية ؛ والزواحف والطيور لها قشرة لكنها بسيطة أو أثرية، وكذلك الثدييات الأولية قشرتها ناعمة وملساء . وكلما صعدنا في سلم المملكة الحيوانية حتى نصل الانسان نجد أنّ القشرة مكونة من تجاعيد وتلافيف كثيرة جداً ولعل ذلك له **علاقة بالذكاء** أو الناحية التعليلية والتعليم عند الكائن الحي . وعلى الرغم أنّ دماغ الإنسان كبير الحجم بالنسبة لوزن الجسم إلاّ أنّ هناك حيوانات لها دماغ أكبر وزناً من نظيره في الانسان لكنها بالطبع أقل ذكاء منه (وزن دماغ الفيل ٤ أمثال وزن دماغ الانسان) . وبالرغم أنّ هناك عوامل كثيرة تؤثر على الذكاء إلاّ أنّ بعض العلماء يقترح معياراً وسطاً للذكاء وهو نسبة وزن الدماغ إلى وزن النخاع الشوكي ، ففي الأسماك والبرمائيات تبلغ النسبة ١:١ ، وفي الانسان تصل ١:٥٥ ؛ وبعبارة أخرى ،

إنّ وزن دماغنا أكبر ٥٥ مرة من وزن النخاع الشوكي ؛ كما أنّ هناك حيوانات مثل الدلفين Porpoise له قشرة دماغية ربما أكثر تجعداً من نظيرتها في الانسان لكنه أقل ذكاء . لقد قدر عدد الخلايا العصبية التي تحتويها القشرة المخيّة بتسعة بلايين خلية أو أكثر أي ما يعادل ٧٥٪ من مجموع خلايا الجسم العصبي ، توجد أجسامها في ما يعرف بالمادة الرمادية Gray Matter . أمّا الطبقة الثانية للمخ فهي طبقة داخلية تتركب من ألياف ومحاور عصبية ذات أغلفة نخاعية تعرف بالمادة البيضاء White Matter.

يتبيّن مما سبق ، وكما يبدو ، أنّ هناك **ثلاث نظريات** تفسّر العلاقة بين الدماغ والقدرة على التعلم والاستدلال (والتفكير) عند الكائنات الحية بوجه عام . وهذه النظريات هي :

١ – وزن الدماغ ونسبة ما يشغله من وزن الجسم الكلي ؛ قارن نسبة الدماغ عند الإنسان والفيل ، ماذا تستنتج ؟

٢ – تركيب القشرة المخيّة وتلافيفها ؛ حاول أن تتبع تلافيف القشرة المخية في الحيوانات الفقارية الحبلية .

٣ – وزن الدماغ إلى وزن النخاع الشوكي ؛ أعط أمثلة توضح ذلك . وعليه ، أي هذه النظريات تدعم وأيّها ترفض ؟ لماذا أو لم لا ؟

أما من **الناحية المورفولوجية** (الشكل الخارجي) ، فيتألف الدماغ من نصفين متشابهين أيمن وأيسر يدعى كل منهما بالنصف الكروي المخي Cerebral Hemisphere ويفصلهما شق مستطيل يسمى بالشق الطولي Longitudinal Fissure ويصل نصفي الكرة المخيّين أربطة من الألياف العصبية (الجسم الجاسئ) Corpus Callosum . هذا ويمتد كل نصف كرة مخي إلى الأمام ليكون فص الشم وبالتالي أعصاب الشم . ويفصل تلافيف المخ خطوط أو تلافيف تقسم كل نصف كرة مخي إلى أربعة فصوص (لاحظ الشكل ٨–٧) هي :

أ – الفص الأمامي (الجبهي) Frontal Lobe.

ب – الفص العلوي (الجداري) Parietal Lobe .

جـ – الفص الجانبي (الصدغي) Temporal Lobe.

د – الفص الخلفي (المؤخري) Occipital Lobe .

هذا ، وتُعتبر هذه الأجزاء مجتمعة مراكز مهمة جداً لمناطق الحركة والشم والاحساس العام والكلام والسمع والإبصار . ولهذا فإنّ أي تلف فيها يؤدي إلى ضرر كبير في جسم الإنسان .

٢ – **المخ البيني** : Diencephalon ويشمل جزئين هما :

أ – **التلامس** (سرير المخ) Thalamus ترتبط بالقشرة المخية وتُعتبر مركزاً لتنظيم وتجميع السيّالات العصبية القادمة من جميع أعضاء الحس (ما عدا الشم) والمخيخ وتوصلها إلى قشرة الدماغ .

ب – **هيبوتلامس** (تحت السرير)Hypothalamus لها دور هام نلخصه فيما يلي :

١ – مركز رئيسي لضبط الجهاز العصبي الذاتي ANS وذلك لأنّ معظم ارتباطاتها العصبية مع هذا الجهاز .

٢ – ترتبط ارتباطاً وثيقاً بجهاز الغدد الصمّاء وبخاصة الغدة النخامية .

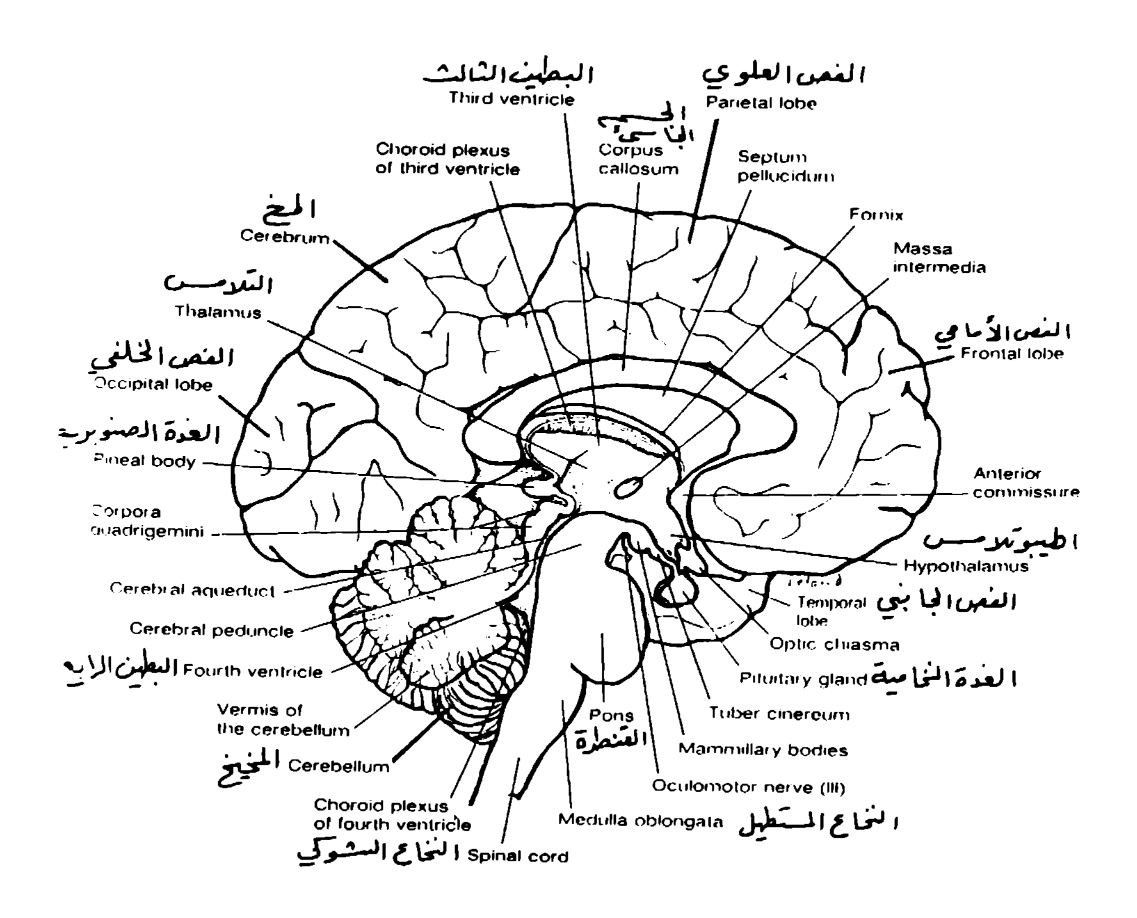
٣ – تساهم في تنظيم درجة حرارة الجسم فسيولوجياً .

٤ – تنظم نشاطات الجسم مثل شعور الانسان بالجوع والعطش والنوم وتحريك الرغبات .

٥ – لها علاقة بالتنظيم الاسموزي لسوائل الجسم بما فيه حفظ توازن الماء .

٦ – مصدر لهرمونين هما : ADH وOxytocin ويخزنان عادة في الفص الخلفي للغدة النخامية.

٧ – تهيء الجسم لحالة الطوارئ .



الشكل (٨-٧) : منظر وسطي جانبي للدماغ

الدماغ المتوسط : Midbrain

ويتألف من :

١ - **الفصين البصريين** Optic Lobes ويقسم كل منهما إلى قسمين فتبدو على شكل بروزات حلمية الشكل تسمى الجسم الرباعي أو الحدبات التوأمية الأربع Corpora Quadrigemina ؛ وتعتبر مركزاً لمرور الاحساسات البصرية، ولهذا فإنّ تلفها يسبب فقدان البصر (العمى) .

٢ - **السويقتان المخيتان** Cerebral Peduncles وتصلان القنطرة بالمخ . وهما طريقان ناقلان للرسائل العصبية من وإلى الدماغ ؛ وهكذا فإنّ اتلاف سويقة مخية واحدة قد يسبب شللاً في الجهة المعاكسة من الجسم .

الدماغ الخلفي : Hindbrain

ويتألف من ثلاثة أجزاء هي :

١ - **المخيخ** Cerebellum يقع أسفل الجزء الخلفي من النصفين الكرويين المخيين . وظيفته الرئيسية تنظيم وتنسيق الحركات الجسمية وحفظ توازن الجسم . وهو يتركب من الأجزاء التالية :

أ - فصين جانبيين Cerebellar Hemispheres متساويين في الحجم ، ويحتوي كل جزء على تجعدات وتلافيف مخيخية غير عميقة .

ب - جزء وسطي صغير يربط نصفي الكرة معاً يسمى الفص الدوديVermis.

٢ - **القنطرة** : Pons عبارة عن انتفاخ يقع أسفل الدماغ وفوق النخاع المستطيل مباشرة ؛ وتصل النخاع المستطيل والمخيخ بالدماغ المتوسط كما تربط جانبي المخيخ بواسطة أربطة ليفية عصبية . وهي طريق لنقل السيّالات العصبية؛ ويوجد فيها مراكز عصبية يُعتقد أنّ لها علاقة بالانفعالات النفسية . كما يوجد فيها مركز عصبي له علاقة باغلاق جفون العينين تلقائياً في حالة تعرض العين للضوء الساطع .

٣ - **النخاع المستطيل** Medulla Oblongata وهو جزء مخروطي الشكل يبلغ طوله حوالي ٢/١ ٢سم ، يقع بين النخاع الشوكي والدماغ وبالتالي يصل الدماغ بالنخاع الشوكي أو القنطرة بالنخاع الشوكي . كما ويعتبر امتداداً للنخاع الشوكي أو انتفاخاً منه داخل تجويف الجمجمة . أما تركيب النخاع المستطيل فيختلف عن تراكيب المخ والمخيخ من حيث إنّ المادة الرمادية توجد في الداخل والمادة البيضاء في الخارج ، وعند مرور المحاور العصبية البيضاء في الدماغ فإنّ التأثير العصبي يكون في المنطقة اليسرى من الجسم .

ترجع وظيفة النخاع المستطيل إلى المراكز العصبية التي يحتويها فيخرج منه على سبيل المثال الأعصاب المخية رقم ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ؛ كما يوجد فيه مراكز عصبية أخرى تتحكم في التنفس وأخرى تعمل على تنظيم دقات القلب وحركات المعدة والأمعاء وتنظيم افراز العصارة المعدية واللعاب والاستفراغ والبلع والرسائل العصبية الحسية من النخاع الشوكي للدماغ ونقل الأوامر الحركية من الدماغ إلى النخاع الشوكي .

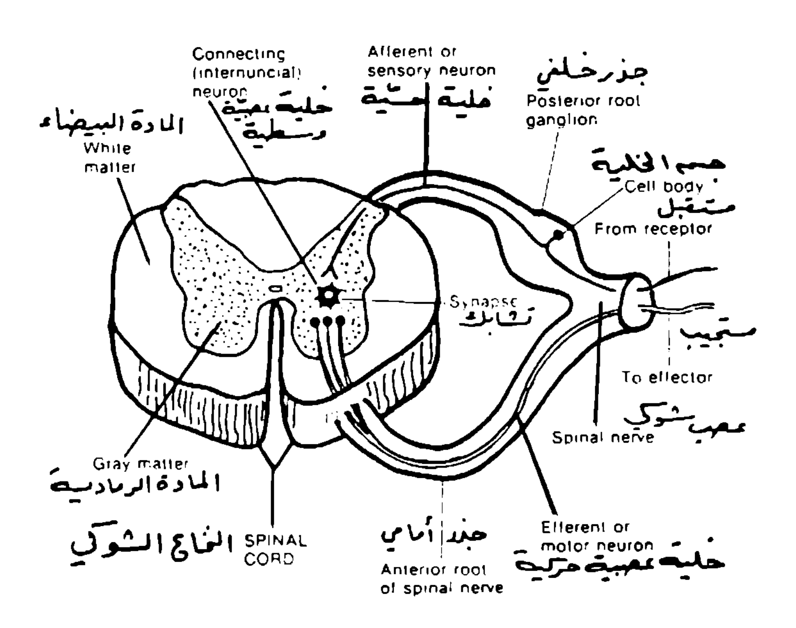
النخاع الشوكي Spinal Cord

عبارة عن حبل عصبي أبيض أسطواني الشكل يوجد في القناة الشوكية الفقرية Vertebral Canal؛ ويعتبر أصغر مكونات الجهاز العصبي المركزي إذ يقارب ٥٪ من حجمه ،ويبلغ طوله حوالي ٤٥ سم وسمكه سمك قلم الرصاص . ويظهر فيه انتفاخان أحدهما في منطقة العنق والثاني في المنطقة القطنية . ويحيط بالنخاع الشوكي امتدادات الأغشية الدماغية وهي : غشاء الأم الجافية والأم الحنون والغشاء العنكبوتي .

يشبه في تركيبه النخاع المستطيل من حيث إنّ المادة الرمادية موجودة في الداخل والمادة البيضاء في الخارج ؛ لذلك يلاحظ عند عمل قطاع عرضي (الشكل ٨-٨) فيه أن المادة الرمادية في الداخل موزعة على شكل حرف H ومحاطة بالمادة البيضاء من الخارج . ويخرج من النخاع الشوكي على مسافات منتظمة (٣١) زوجاً من الأعصاب الشوكية ولكل عصب جذران :

أ - **جذر ظهري** Dorsal Root ويحتوي على أعصاب الحس ويعمل على نقل الرسائل العصبية من أعضاء الاستقبال في أجزاء الجسم المختلفة إلى النخاع الشوكي فالدماغ .

ب - **جذر بطني** Ventral Root ويحتوي على أعصاب الحركة وينقل الرسائل أو الأوامر التنبيهية الحركية من الدماغ إلى أعضاء الاستجابة (العضلات أو الغدد) .



الشكل(٨-٨)

قطاع في النخاع الشوكي والخلايا العصبيّة المتضمنة في القوس الانعكاسي

ثانياً : الجهاز العصبي الطرفي PNS

يتركب الجهاز العصبي الطرفي من شبكة من الأعصاب تنتشر في أجزاء الجسم؛ وهو يعمل على ربط الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والنخاع الشوكي) بجميع أجزاء الجسم . وتقسم هذه الشبكة من الأعصاب إلى ما يلي :

١ - **الأعصاب الشوكية** Spinal Nerves وعددها (٣١) زوجاً تخرج من النخاع الشوكي على مسافات منتظمة وهي أعصاب حس وحركة موزعة كما يلي :

أ - ٨ أزواج تعصب المنطقة العنقية Cervical Nerves .

ب - ١٢ زوجاً تعصب المنطقة الصدرية Thoracic Nerves .

جـ - ٥ أزواج تعصب المنطقة القطنية Lumbar Nerves.

د – ٥ أزواج تعصب المنطقة العجزية Sacral Nerves.

هـ – زوج واحد يعصب المنطقة العصعصية Coccygeal Nerve.

٢ – **الأعصاب الذاتية** Autonomic Nerves وهي أعصاب حركة تنظم أعمال جميع أعضاء الجسم التي لا تخضع لارادة الانسان كحركة القلب والمعدة والأمعاء وجدر الأوعية الدموية.

٣ – **الأعصاب المخيّة** (أو القحفيّة) : Cranial Nerves يتصل بالدماغ (١٢) زوجاً من الأعصاب المخية (القحفية) ؛ وتقسم عادة إلى ثلاث مجموعات (ادرس الشكل ٨–٩) كما يلي:

أ – أعصاب حسيّة وهي الأعصاب رقم (١ ، ٢ ، ٨) .

ب – أعصاب حركية وهي الأعصاب رقم (٣ ، ٤ ، ٦ ، ١١ ، ١٢) .

جـ – أعصاب مختلطة وهي أعصاب حس وحركة وتضم الأعصاب رقم (٥، ٧ ، ٩ ، ١٠) .

والأعصاب المخية (لاحظ الشكل ٨–٩) حسب أرقامها هي كما يلي :

١ – أعصاب شم Olfactory Nerves وتخرج من الجزء الأمامي للنصفين الكرويين المخيين .

٢ – أعصاب البصر Optic Nerves تنتشر في شبكية العين وتتصل بالعصب البصري (عصب الرؤية) ، ويتقاطع العصبان البصريان في نقطة تسمى نقطة التصالب Optic Chiasma .

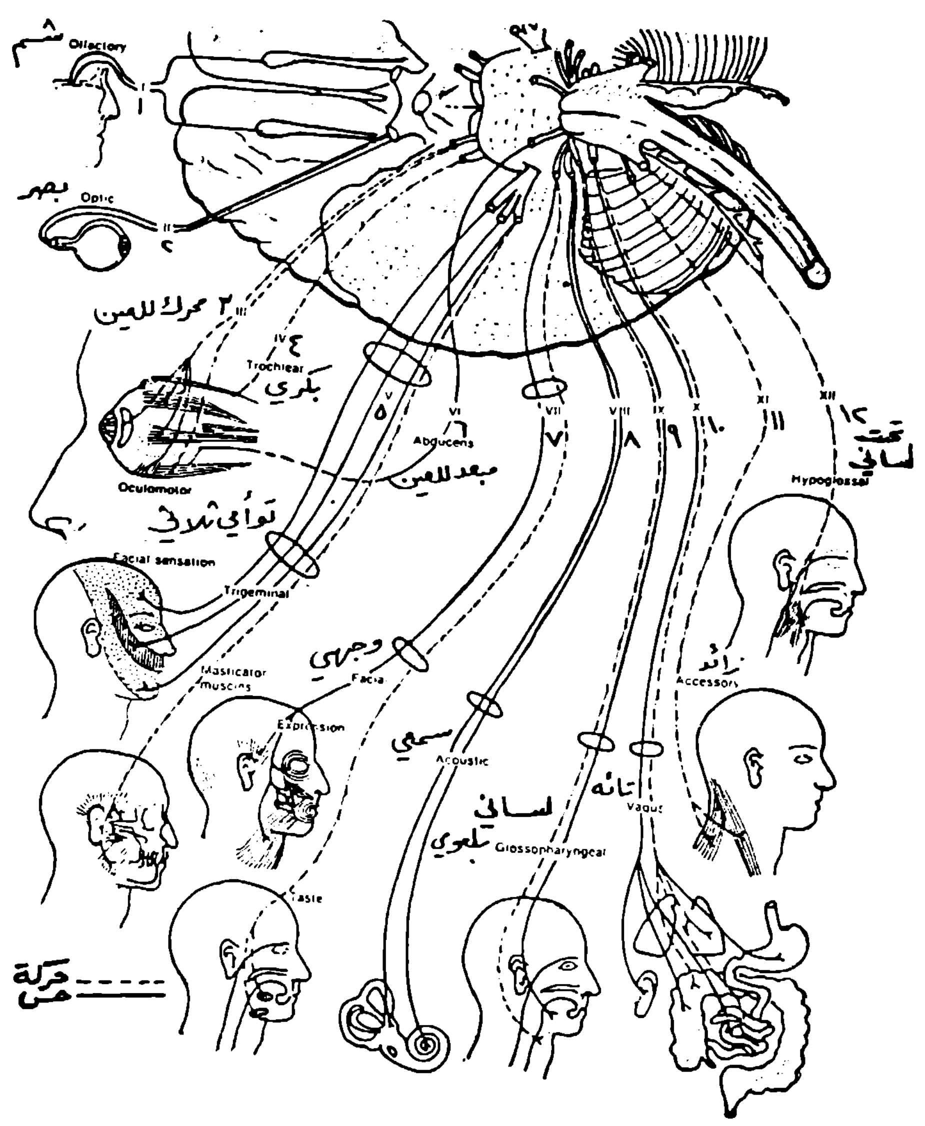
٣ – العصب المحرك للعين Oculomotor Nerve ويحرك عضلات العين ، كما ينظم حجم كرة العين .

٤ – العصب البكري Trochlear Nerves ويحرك عضلات كرة العين ، كما يذهب إلى العضلات المائلة جانبياً لكرة العين .

٥ – العصب التوأمي الثلاثي Trigeminal Nerves وهو عصب مختلط يتفرع إلى ثلاثة فروع ويحتوي على أعصاب حسية تذهب إلى الفم واللسان ، وأعصاب أخرى تعمل على تحريك العضلات التي لها علاقة في مضغ الطعام .

٦ – العصب المبعد للعين Abducent Nerve ويحرك العين حركة جانبية .

٧ – العصب الوجهي Facial Nerve وتتصل الأعصاب بعضلات الوجه والفم والشفاه وتعمل على تحريك عضلات الوجه لاعطاء التعبيرات المختلفة للوجه؛ كما تنبه إفراز اللعاب وبعضها يتصل ببراعم الذوق في اللسان .



الشكل (٨–٩) : الأعصاب المخية (القحفية)

٨ - العصب السمعي Acoustic (Auditory) Nerve وهو عصب حسي يتصل بالأذن وله علاقة بالسمع والتوازن .

٩ - العصب اللساني البلعومي Glossopharngeal Nerve وهو عصب حس وحركة ؛ ويعصب اللسان وعضلات البلعوم ويساعد في تنبيه إفراز اللعاب كما يحرك العضلات الخاصة بالمضغ والذوق وانعكاسات التنفس وضغط الدم .

١٠ - العصب التائه أو المبهم (الرئوي المعدي) Vagus Nerve وهو عصب مختلط يمر من جانبي النخاع الشوكي ثم الرقبة والصدر والمعدة ويتفرع إلى الحنجرة والقلب والرئتين والمعدة والأمعاء والكبد .

١١ - العصب الاضافي أو الزائد Accessory Nerve وهو عصب حركي يُرسل أليافه العصبية إلى بعض عضلات الرقبة ، ويعمل على حركة الرأس والأكتاف والأعضاء المحدثة للصوت .

١٢ - العصب التحت لساني Hypoglossal Nerve وهو عصب حركي يرسل أليافه العصبية إلى عضلات اللسان ويعمل على تحريكه .

يتبيّن مما سبق ، أنّ **الأعصاب المخيّة** (القحفيّة) **تختلف** عن **الأعصاب الشوكية** في عدة نقاط من بينها ما يلي :

١ - المكان العصبي الذي تخرج منه (الدماغ مقابل النخاع الشوكي) .

٢ - العدد (١٢ زوجاً من الأعصاب المخيّة مقابل ٣١ زوجاً من الأعصاب الشوكية) .

٣ - نوع العصب (حس وحركة أو مختلطة في الأعصاب المخيّة مقابل حس أو حركة في الأعصاب الشوكية) .

٤ - التخصص والانتشار (الأعصاب المخيّة متخصصة وتعصب منطقة الرأس بشكل أساسي ما عدا العصب العاشر (التائه) ، مقابل الأعصاب الشوكية التي تنتشر في أجزاء الجسم الأخرى) .

أمّا وظيفياً فيقسم الجهاز العصبي الطرفي إلى قسمين هما :

١ – **الجهاز العصبي الجسمي** Somatic Nervous System وتنتشر أعصاب هذا الجهاز بالعضلات الهيكلية والجلد ، وهو مسؤول عن الحركات العضلية الارادية . والأعصاب هنا نوعان : أعصاب حسية وأخرى حركية .

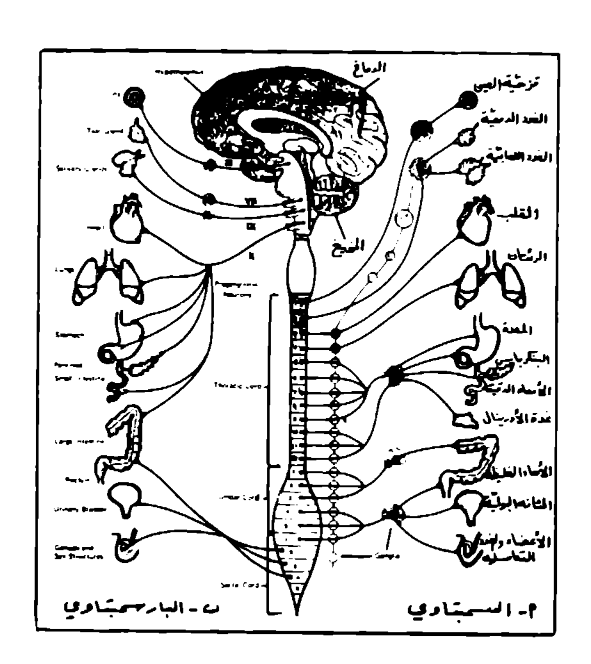
٢ – **الجهاز العصبي الذاتي** (الحشوي أو اللاإرادي) Autonomic Nervous System وأعصاب هذا الجهاز أعصاب حركة فقط ، وهي ليست خاضعة لارادة الدماغ . وتنتشر الأعصاب في الأعضاء الباطنية والأعضاء الصدرية كالأمعاء والمعدة والكبد والجهاز البولي والتناسلي والغدد والقلب وجدر الأوعية الدموية والرئتين ؛ وهي تحرك الأعضاء الباطنية آلياً لتأدية وظائف الحياة الحيوية كالهضم والامتصاص والتنفس والتكاثر والاخراج . كما تتحكم بشكل آلي في حركات القلب والقناة الهضمية والجهاز البولي والأوعية الدموية وافراز الغدد . وباختصار ، فالجهاز مسؤول عن تنظيم وتوازن وثبات الوسط الداخلي للجسم .

ويقسم الجهاز العصبي الذاتي من الناحية التركيبية والوظيفية إلى قسمين (لاحظ الشكل ٨–١٠) هما :

أ – **الجهاز العصبي السمبتاوي** (الودّي) .Sympathetic N. S وتتصل أليافه العصبية بالمنطقة الصدرية والمنطقة القطنية من النخاع الشوكي .

ب – **الجهاز العصبي البارسمبتاوي** (الشبه ودي) .Parasympathetic N.S وتتصل الأعصاب بالجهاز العصبي المركزي بالدماغ ومنطقة العجز من النخاع الشوكي (لاحظ الشكل ٨–١٠) . وبوجه عام ، وكما نلاحظ من الشكل ، بأنّ معظم الأعضاء الداخلية في الجسم تُعصب من قبل أفرع من هذين الجهازين وهما يتعاكسان في تأثيرهما بوجه عام ، فحيث ينبه أحدهما نشاط عضو ما فإنّ الآخر يعمل على تثبيطه ؛ بمعنى أنّ مفعول تنبيه الأعصاب السمبتاوية على الأعضاء المختلفة مضاد لتأثير الأعصاب البارسمبتاوية والعكس صحيح. هذا ولا توجد قاعدة عامة لتأثير كل من هذين الجهازين ، فبعض الأعضاء تنشط بوصول سيالات عصبيّة من أحد هذين الجهازين ،

بينما تثبط أعضاء أخرى بوصول سيالات عصبية من نفس هذا الجهاز .



الشكل (٨-١٠) : الجهاز العصبي السمبتاوي والبارسمبتاوي

الجهاز الحسّي – أعضاء الحس Sensory Organs

الاحساس هو قدرة الإنسان على الشعور بالمنبهات (أو المثيرات) الخارجية والداخلية المختلفة والاستجابة لها وفقاً لهذه المنبهات (المثيرات) . وتدرك المعلومات الخاصة بالعالم الخارجي والحالات الخاصة بداخل جسم الإنسان بواسطة أعضاء خاصة هي أعضاء الحس التي تستقبل مختلف المنبهات والمؤثرات المختلفة . والمستقبلات الحسيّة Sensory Receptors هي عبارة عن نهايات حسيّة متخصصّة للاستجابة لمنبه أو مؤثر من نوع واحد فقط . فالمستقبلات الحسيّة في الأذن على سبيل المثال ، تستجيب للموجات الصوتية ؛ والمستقبلات الحسيّة في العين تستجيب للموجات الضوئية ؛ والمستقبلات الحسيّة في الأنف تستجيب للمواد الكيميائية الغازية وهكذا دواليك .

وبوجه عام ، **تصنف المستقبلات الحسيّة** في جسم الإنسان إلى ما يلي :

أولاً : المستقبلات الداخلية Enteroceptors وتستقبل المنبهات أو المؤثرات من داخل

الجسم . وبشكل محدد ، هي مستلمات المنبهات من داخل الجسم وبالتالي فهي عبارة عن نهايات عصبية حرة تنتهي في جدران الأعضاء الداخلية المختلفة كالقناة الهضمية والغدد والأورطي والأوردة الجوفية المتصلة بالقلب وألياف العصب في الرئتين – التي تنبه عند اتساعها خلال عملية الشهيق . أمّا المستقبلات الواقعة حول المفاصل وفي العضلات فتسمى بالمستقبلات العضلية أو أعضاء الاستقبال الذاتي Proprioceptors .

ثانياً : المستقبلات الخارجية Exteroceptors وهي مستقبلات سطحية في الجلد تستلم المنبهات أو المؤثرات مباشرة من المحيط الخارجي ؛ وتتضمن الأعضاء التالية :

١ – **الجلد** – المستقبلات الجلدية ، ويضطلع الجلد باحساسات ومستقبلات حسيّة (راجع الفصل الخامس لدراسة الجلد من حيث التركيب والوظيفة) تتضمن الأنواع التالية :

أ – المستقبلات اللمسية (اللمس) : وهي المستقبلات التي ترشد الانسان إلى خواص الأشياء كالصلابة والمرونة وبالتالي مسؤولة عن الاحساس باللمس ؛ وتنتشر المستقبلات اللمسية بشكل مجاميع في الجلد تعرف بالبقع اللمسية Touch Spots ويوجد منها تشريحياً ثلاثة أنواع مختلفة هي : (١) جسيمات مايسنر Meisseners Corpuscles . (٢) أقراص اللمس Tactile Discks . (٣) النهايات العصبية الحرة Free nerve endings . هذا ، وتعتبر نهايات الأصابع أكثر المساحات الجلدية حساسية للمس لكثرة المستقبلات الحسيّة فيها .

ب – مستقبلات الضغط .Pressure R وهي مستقبلات حسيّة مسؤولة عن الأحساس بالضغط .

جـ – مستقبلات الألم .Pain R وهي مستقبلات حسيّة مسؤولة عن الأحساس بالألم.

د – مستقبلات الحرارة .Temperature R وهي مستقبلات حسيّة مسؤولة عن الأحساس بالبرودة والسخونة .

٢ - **أعضاء الحس** ، وهي مستقبلات خاصة معقدة تضم أعضاء الحس المتخصّصة التالية :

أ - العين ، وتحتوي على مستقبلات ضوئية مسؤولة عن حاسة الرؤية والأبصار.

ب - الأذن ، وتحتوي على مستقبلات سمعية مسؤولة عن حاسة السمع والاتزان .

جـ - الأنف ، ويحتوي على مستقبلات شميّة مسؤولة عن حاسة الشم .

د - اللسان ، ويحتوي على مستقبلات ذوقية مسؤولة عن حاسة التذوق .

وفيما يلي شرح مختصر لأعضاء الحس المختلفة .

أولاً : العين - الرؤية والابصار The Eye

العين عضو حسي ، وهي عبارة عن عضو مجوف أو كرة قطرها حوالي ٥ر٢ سم موجودة داخل تجويف الجمجمة يسمى بالتجويف الحجاجي Orbit . وتتحرك العين داخل هذا التجويف بواسطة عضلات إرادية خاصة . ويستطيع الإنسان بواسطة العين رؤية الأجسام المختلفة والتعرف إلى أشكالها وأحجامها وألوانها وبعدها عن بعضها البعض . **ويتألف الجهاز البصري** من ثلاثة أجزاء هي :

١ - العين (المقلة) ونرى بواسطتها الأجسام السوداء والبيضاء والملونة المختلفة.

٢ - أجزاء مرافقة لحماية العين ، وتتألف من الجفون Eyelids والرموش Eye-lashes والحواجب ، والغدد الدمعية التي تفرز سائلاً ملحياً يعمل على ترطيب سطح العين المكشوف وتنظيف العين باستمرار .

٣ - عضلات العين ، وهي عبارة عن ست عضلات خارجية إرادية خاصة مسؤولة عن تحريك العين وهي :

أ - العضلة المستقيمة الجانبية Lateral rectrs Muscle.

ب - العضلة المستقيمة الوسطى Medial rectus M. .

جـ – العضلة المستقيمة العلوية .Superior rectus M .

د – العضلة المستقيمة السفلية .Inferior rectus M .

هـ – العضلة المائلة (أو المنحرفة) السفلية.Inferior oblique M .

و – العضلة المائلة (أو المنحرفة) العلوية .Superior oblique M .

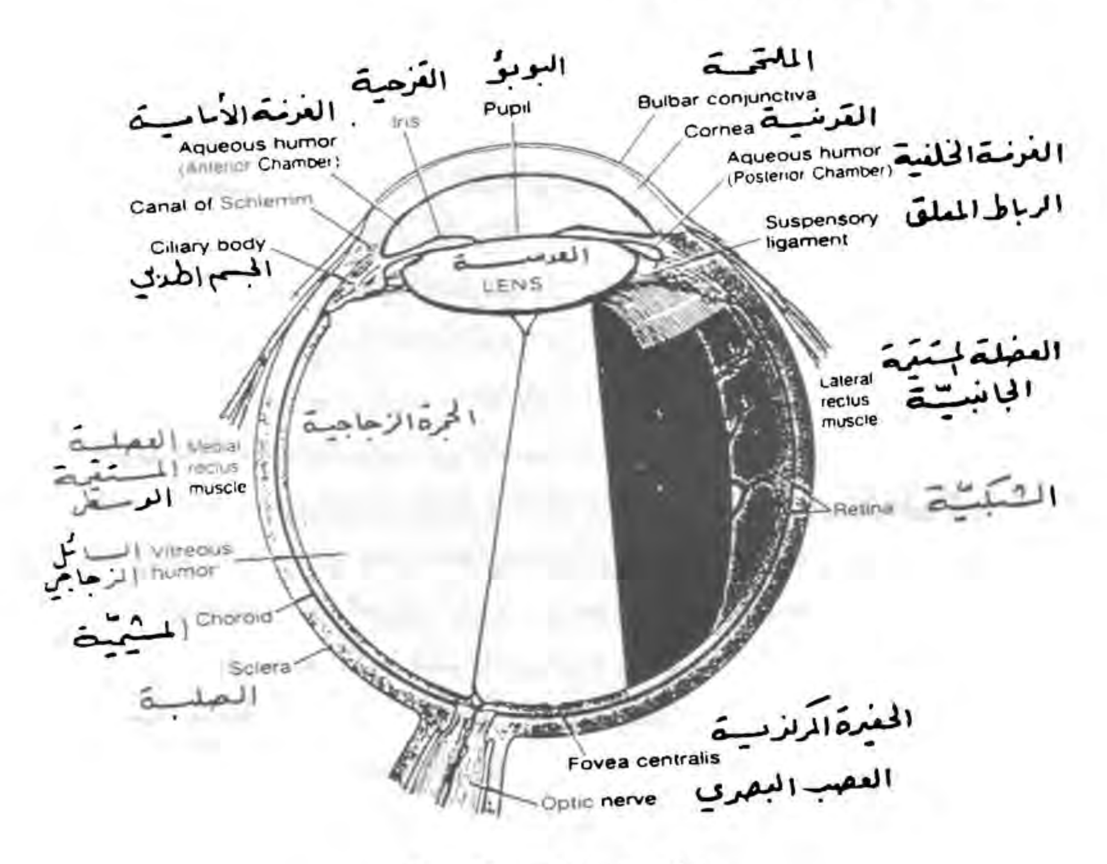
وتتركب العين (انظر إلى الشكل ٨–١) من الأجزاء الرئيسية الثلاثة التالية:

أولاً : **الصلبة** Sclera وهي عبارة عن طبقة خارجية (ليفية) سميكة مكونة من أنسجة ضامة ليفية متينة بيضاء (بياض العين) تغلف العين ما عدا الجزء الأمامي منها ؛ حيث تتصل بغشاء شفاف يسمح للأشعة الضوئية بالدخول إلى العين وتسمى القرنية Cornea . وتوجد طبقة شفافة تغطي القرنية وتبطن داخل الجفون تدعى الملتحمة Canjunctiva . وهكذا يستنتج بأن الطبقة الخارجية للعين تتكون من : الصلبة والقرنية ملتحمتين معاً ، وتعمل على وقاية العين وحمايتها من المؤثرات الخارجية وإمرار الضوء .

ثانياً : **المشيميّة** Choroid وهي الطبقة الوسطى من العين تلي الصلبة ، وهي طبقة (وعائية) تحتوي على شبكة من الأوعية الدموية وكمية كبيرة من صبغة سوداء حيث تبدو سوداء اللون لاحتوائها على خلايا تكثر فيها المواد الملونة السوداء .

والجزء الأمامي من المشيميّة عبارة عن حاجز عضلي أو دائرة عضلية تسمى **القزحية** Iris وهي ملونة بألوان مختلفة (وراثية) حسب الأفراد ، حيث توجد خلايا تحتوي على مواد ملونة وهي التي تكسب العين لونها الطبيعي . ويوجد في وسط القزحية فتحة مستديرة تعرف بالبؤبؤ (الحدقة) Pupil أو انسان العين تسيطر على كمية الضوء التي تدخل العين . فعند انكماش عضلة القزحية يضيق البؤبؤ والعكس بالعكس. وبذلك يتم تنظيم حاجة العين إلى الضوء . وتوجد خلف القزحية العدسة البلورية Lens التي تعمل على جمع الأشعة الضوئية وتركيزها وتوصليها إلى داخل العين . وتثبت العدسة بواسطة **الرباط المعلق** Suspensory Ligament الذي يتركب من ألياف عضلية تسمى الجسم الهدبي Ciliary Body الذي يتصل بأطراف المشيمية والصلبة ، والمسؤول بالتالي عن تغيير شكل (زيادة أو نقصان تحدب العدسة) العدسة حسب موقع الجسم المرئي . ويدعى جزء العين الواقع بين القرنية والقزحية **بالغرفة الأمامية** Anterior

Chamber المملؤة بسائل مائي شفاف Aqueous humor . ويسمى الجزء الواقع بين القزحية والعدسة البلورية **بالغرفة الخلفية** Posterior Chamber وهي مملوءة بسائل مائي شفاف أيضاً . أمّا باقي تجويف العين والذي يقع خلف العدسة ، **فيسمى بالحجرة الزجاجية** Vitreous Chamber المملؤة بالسائل الزجاجي Vitreous humor ، وتحافظ (الحجرة الزجاجية) على الشكل الكروي للعين . ومما يجدر ذكره ، أنّ القرنية وسائل الغرفة الأمامية والعدسة البلورية والحجرة الزجاجية كلها شفافة حتى تتمكن أشعة الضوء من الوصول إلى الشبكية / الجزء الثالث للعين ؛ ووظيفة العدسة هي تجميع الأشعة الضوئية في نقطة واحدة (أو بؤرة) يجب تكوينها على الشبكية نفسها حتى تتم الرؤية والابصار .



شكل (٨-١١) : تركيب العين

ثالثاً : الشبكية Retina وهي طبقة (عصبية) داخلية تبطن تجويف العين ، وتعتبر بالتالي الطبقة الحساسة في العين . **وتتألف الشبكية** (الشكل ٨-١٢) من الخارج إلى الداخل من الطبقات التالية :

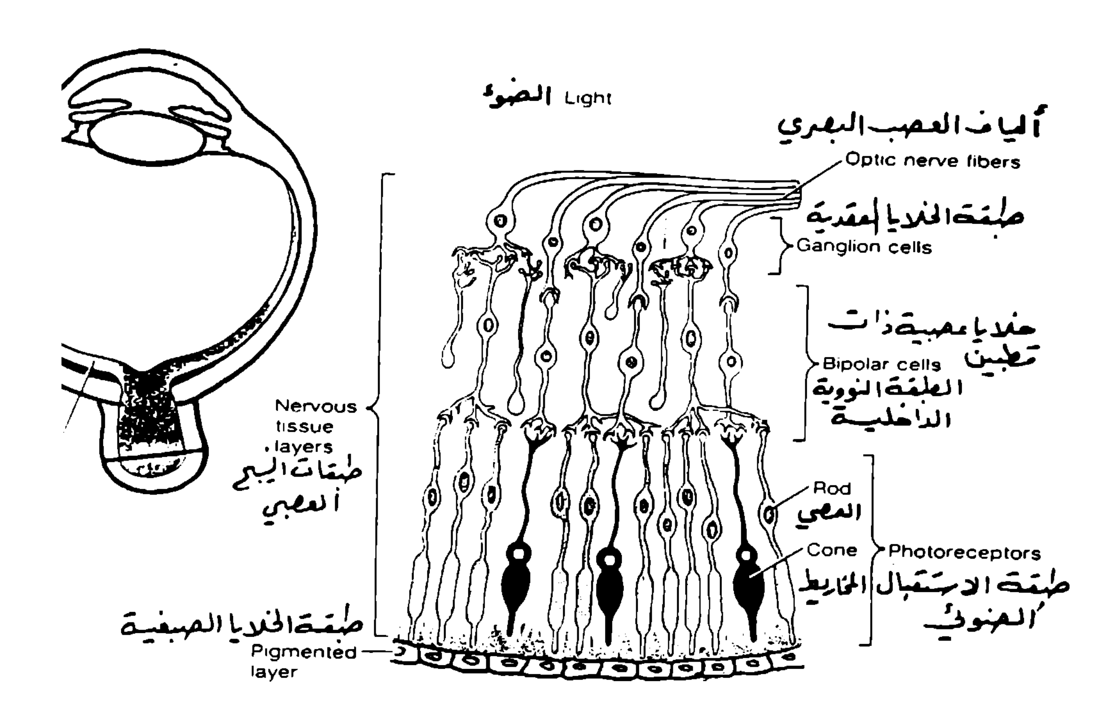
١ - طبقة الخلايا الصبغية Pigmented Layer وهي عبارة عن خلايا صبغية تعمل كصبغة سوداء تبطن السطح الداخلي للعين . وتقوم بامتصاص الأشعة الضوئية وإلاّ انعكست الأشعة وانتشرت مسببة عدم وضوح الرؤية (الصورة) على الشبكية ، وهي بذلك تناظر البطانة السوداء لآلة التصوير .

٢ - طبقة الاستقبال الضوئي Photoreceptor Layer وتتألف من خلايا الاستقبال الضوئية ، وهي خلايا متخصصة جداً حساسة للضوء . ويوجد منها نوعان :

أ - العصي Rods وهي خلايا مستطيلة الشكل متعامدة على سطح الشبكية وتتشابك مع خلايا عصبية ذات قطبين ؛ وتعمل عندما تقل شدة الضوء، وتستقبل المؤثرات الضوئية بشكل أبيض وأسود فقط . وتحتوي العصي على صبغة ضوئية ارجوانية اللون تسمى رودبسين Rhodopsin مكونة من فيتامين (أ) وبروتين Opsin . ومن هنا يتبين لنا أهمية فيتامين (أ) للعين وسلامتها وبالتالي سلامة الرؤية والابصار .

ب - المخاريط Cones وهي خلايا مدببة تمتد على هيئة ألياف عصبية ، وتتشابك (كالعصي) مع خلايا عصبية ذات قطبين . ويوجد أنواع مختلفة من المخاريط كالمخاريط الحمراء والخضراء والزرقاء . وتتسلم المخاريط المنبهات الضوئية ذات الشدة العالية وبالتالي يمكنها أن تميز بين أطوال أمواج الضوء المختلفة ، ولهذا فهي مسؤولة عن استقبال المنبهات الضوئية اللونية (الألوان) . وبوجه عام ، تكون العصي أكثر عدداً من المخاريط ما عدا في الحفيرة المركزية (أو البقعة المركزية)-Fovea Centralis . كما أنّ العصي أنحف من المخاريط ، وتقع النواة في كل منهما في انتفاخ وسطي . ويبلغ عدد العصي حوالي مئة مليون والمخاريط

حوالي سبعة ملايين .



الشكل (٨-١٢) : تركيب الشبكيّة

هذا ، وتنقل العصي والمخاريط – والتي تتشابك كما ذكر مع خلايا عصبية ذات قطبين – المنبهات الضوئية إلى **الخلايا العقدية** Ganglion Cells التي تكون العصب البصري Optic nerve الذي يبدأ من الشبكية نفسها .

٣ – الطبقة النووية الداخلية Inner nuclear Layer وتتألف من صف واحد من خلايا عصبية نحيفة ذات قطبين يقع جسم الخلية بينها وتكون النواة في وسطها .

٤ – طبقة الخلايا العقدية Ganglion Layer وتشكل الطبقة الداخلية من الشبكية ؛ وتتشابك بروزاتها الخارجية مع الخلايا العصبية ذات القطبين في

حين تمتد محاورها العصبية لتشكل ألياف العصب البصري الذي يبدأ من الشبكية نفسها . وعند نقطة خروج العصب البصري من الشبكية ، لا توجد عصي ومخاريط ولهذا يسمى هذا الجزء بالنقطة العمياء Blind spot في حين تسمى المنطقة التي تكثر فيها المخاريط (وتفتقر إلى العصي) في منطقة صغيرة تسمى بالحفيرة (أو البقعة) المركزية .

آليةالابصار :

تنعكس الأشعة الضوئية من الجسم المرئي وتسقط على العين فتخترق القرنية وسائل الغرفة الأمامية وتمر بالبؤبؤ وتخترق سائل الغرفة الخلفية ؛ وتسقط على العدسة البلورية التي تركز الأشعة الضوئية في نقطة (بورة) تقع على الشبكية الحساسة للضوء بعد أن تمر من الحجرة الزجاجية ، وتقع الصورة مقلوبة على الشبكية . وتنبه (الصورة المقلوبة) العصي والمخاريط في الشبكية فتعمل (العصي والمخاريط) على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية تنتقل بشكل نبضات (سيالات) عصبية بواسطة العصب البصري إلى المركز البصري في الفص الخلفي من المخ الذي يقوم بترجمتها وادراكها كصورة طبيعية .

هذا ، ويتكيف الابصار بواسطة تغير في تحدب وتكوير العدسة . فإذا كان الجسم قريباً يزداد تحدب العدسة بفضل نقصان توتر الرباط المعلق وانقباض العضلات الهدبية ؛ في حين يفل تحدب العدسة إذا زاد توتر الرباط المعلق وانبسطت العضلات الهدبية (اللاإرادية) عندما يكون الجسم المنظور إليه بعيداً . كما أنّ عضلات القزحية تعمل على توسيع البؤبؤ وتضييقه بالشكل المناسب بحيث يكون أوسع ما يمكن إذا كانت الإضاءة ضعيفة ، ويكون أضيق ما يمكن في حالة الإضاءة الشديدة . وهذه العملية يشار إليها بوجه عام بتكيف الابصار والرؤيةAccomodation of vision .

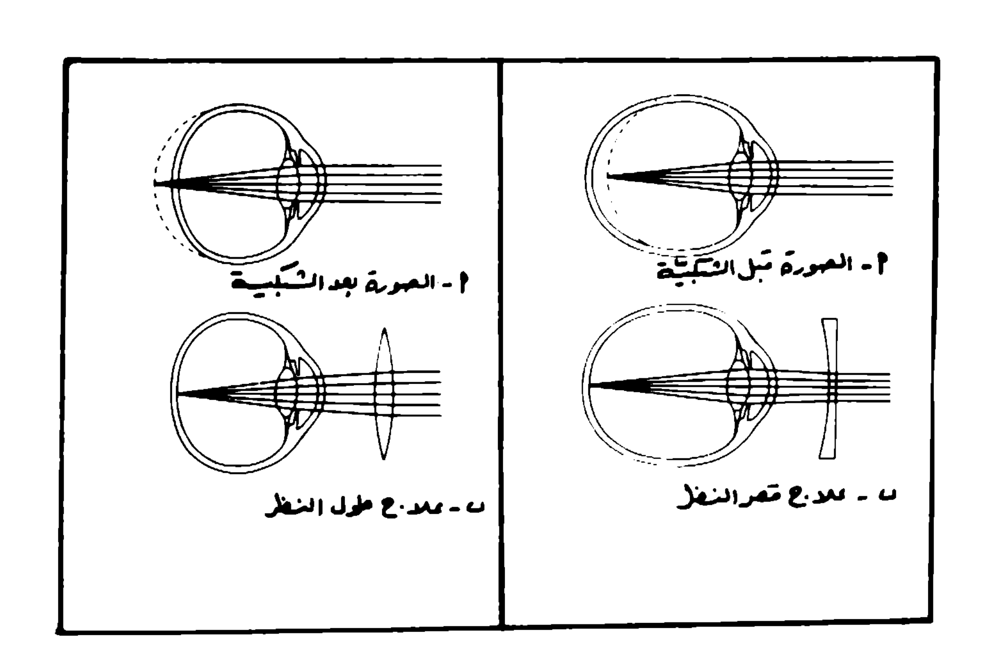
أمراض العين :

من الأمراض (أو العيوب) التي تصيب العين نذكر ما يلي :

١ - **قصر النظر** Nearsightedness - Myopia الشخص المصاب بقصر النظر، يرى الأجسام القريبة وبالتالي لا يرى الأجسام البعيدة بوضوح حيث

تتكون صورة الجسم المرئي قبل الشبكية . ويرجع ذلك إلى زيادة تحدب العدسة البلورية للعين . ويعالج (قصر النظر) باستعمال نظارات طبية ذات عدسات مقعرة (مفرّقة) للأشعة (الشكل ٨-١٣) .

٢ - **طول النظر** Farsightedness الشخص المصاب بطول النظر ، يرى الأجسام البعيدة في حين يصعب عليه تبيّن الأجسام القريبة بوضوح حيث تتكون صورة الجسم المرئي بعد الشبكية . ويرجع ذلك إلى نقصان في تحدب العدسة البلورية للعين . ويعالج طول النظر باستعمال نظارات طبية ذات عدسات محدبة مجمعة للأشعة (الشكل ٨-١٤) .



الشكل (٨-١٣) : قصر النظر **الشكل (٨-١٤) : طول النظر**

٣ - **عمى الألوان** Color Blindness وهو مرض وراثي مرتبط بالجنس يظهر في الذكور أكثر منه في الإناث . ويتمثل هذا المرض بعدم قدرة الشخص المصاب بالمرض على التمييز بين الألوان وبخاصة اللونين الأحمر والأخضر.

وينتشر المرض بنسبة حوالي ٥ر٧٪ عند الذكور وحوالي ١٪ عند الأناث . وقد تعزى إليه نسبة عالية من حوادث السيارات وبخاصة عند ملتقى الاشارات الضوئية ؛ ولهذا آن الأوان لدوائر السير أن تأخذ مدى انتشار هذا المرض بعين الاعتبار عند الأشخاص المتقدمين لنيل رخص قيادة السيارات من خلال فحص النظر والتأكد من خلوهم من الاصابة بمرض عمى الألوان.

٤ – **الجلوكوما** Glaucoma ويعرف (الجلوكوما) بالماء الأزرق في العين ، والذي ينتج عندما تندفع القزحية إلى الأمام وتمنع تصريف السائل (الشفاف) المائي إلى مجرى الدم مما يسبب زيادة ضغط السائل وبالتالي عدم وضوح (تشويش) الرؤية أو العمى إذا ما تلفت شبكية العين . ولمعالجة هذا المرض ، يراجع الطبيب المختص لعمل شق في القزحية لكي يسمح بتصريف السائل المائي إلى مجرى الدم .

٥ – **الاستجماتزم** Astigmatism ويتمثل هذا المرض بعدم قدرة الشخص على تركيز الأشعة الضوئية على الشبكية وبالتالي لا يستطيع الشخص المريض التركيز على الأجسام لمدة طويلة . ويرجع هذا المرض إلى عدم انتظام تحدب العدسة البلورية أو إلى انحرافات غير متساوية للقرنية في مستوى واحد أو أكثر . ويعالج المرض باستعمال نظارات طبيّة ذات عدسة مركبة – أو استعمال عدسات لاصقة للعين .

٦ – **الحول** ، وينتج عن عدم توازن العضلات المحركة للعين معاً مما يؤدي إلى عدم تكون صورة الجسم المرئي في كل عين على نفس المكان في الشبكية ، وبالتالي يتكون للجسم أكثر من صورة .

٧ – **عمى البصر**Blindness وهو فقدان (نعمة) الرؤية والابصار . ويتسبب عمى البصر عن تلف العين الذي قد ينتج عن تلف يصيب العصب البصري، أو تلف يصيب منطقة التقاطع البصري ، أو تلف في الممر البصري أو في قشرة الابصار أو تلف الشبكية ... الخ . ولهذا ، قد يفقد الشخص بصره جزئياً أو كلياً .

ثانياً : الأذن – السمع والاتزان The Ear

تعتبر الأذن من الأعضاء الحسية الأكثر تعقيداً ؛ وللأذن وظيفتان هما :

الأولى : عضو مستلم للأمواج الصوتية يدرك بها الانسان الأصوات المختلفة (السمع) .

الثانية : السيطرة على التوازن (الاتزان) .

وتتألف الأذن (انظر الشكل ٨–١٥) من ثلاثة أقسام رئيسية هي :

أولاً : الأذن الخارجية External Ear تتركب الأذن الخارجية من الأجزاء التالية :

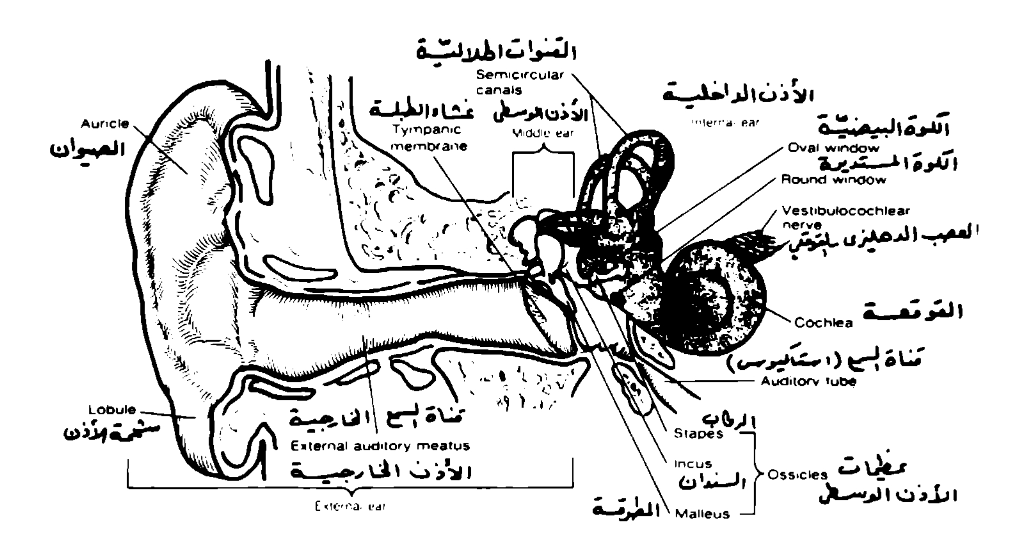
أ – **الصيوان** Pinna وهو عبارة عن زائدة جلدية غضروفية مسطحة تقع على جانبي الرأس وظيفتها تجميع الأمواج الصوتية وتوجيهها إلى قناة السمع الخارجية .

ب – **قناة السمع الخارجية** External auditory Canal وهي ممر (قناة) سمعي طوله حوالي ٣سم ينتهي **بغشاء الطبلة** Tympanic Membrane (Ear durm) الذي يفصل القناة السمعية الخارجية عن الأذن الوسطى . وتحتوي القناة السمعية على بعض الشعيرات الكثيفة ؛ كما توجد في بطانة القناة السمعية مئات من الغدد الصغيرة تعرف **بالغدد الصملاخية** Ceruminous glands التي تعمل على إفراز مواد شمعية بنية اللون تسمى الصملاخ Ce-rumen . وتعمل المادة الشمعية (الصملاخ) على مسك الغبار الداخل للقناة السمعية ، وتحفظ طبلة الأذن لينة طرية . كما أنّ لها رائحة تطرد الحشرات . ومع ذلك ، ينبغي تنظيف الأذن منها وازالتها من حين لآخر لأنها إن جفّت قد تسد القناة وتسبب الصمم الجزئي . أمّا غشاء الطبلة ، فيعتبر الجزء المهتز في الأذن لاحداث الصوت . كما أنه يشكل الحدود الفاصلة بين الأذن الخارجية والأذن الوسطى .

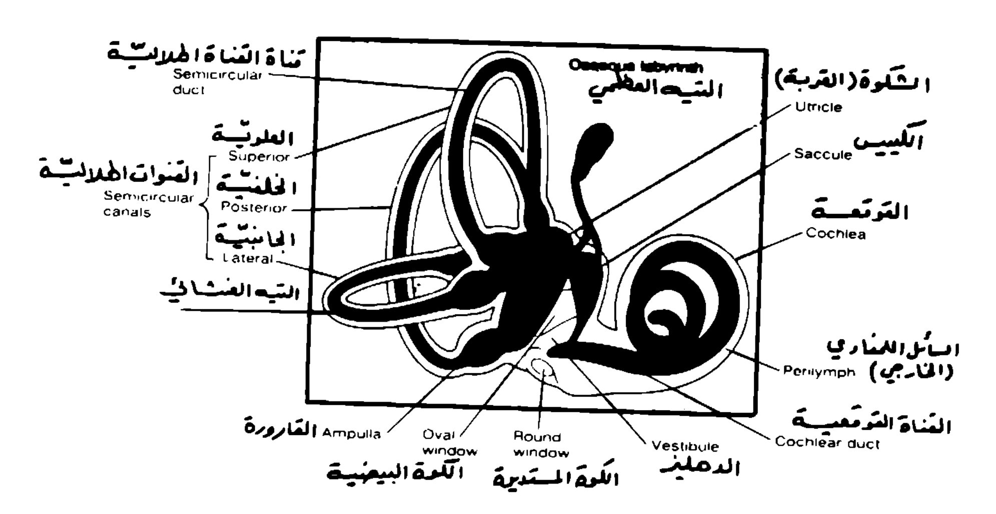
ثانياً : الأذن الوسطى Middle Ear وهي تجويف يتصل مع تجويف الفم (البلعوم) بواسطة قناة استاكيوس التي تكون عادة مغلقة ، وتفتح بتحريك عضلات البلعوم فيدخل الهواء منها القادم من الفم ، وبذلك يتعادل (يتوازن) الضغط على جانبي غشاء الطبلة فلا تنثقب . وتتركب الأذن الوسطى من ثلاث عظيمات ، سميت بسبب أشكالها ، تعمل على ايصال الموجات (الذبذبات) الصوتية

إلى الأذن الداخلية (القوقعة) ، وهذه العظيمات هي :

أ – المطرقة Malleus ، ب – السندان Incus ، جـ – الركاب Stapes .



الشكل (٨–١٥) : تركيب الأذن



الشكل (٨–١٦) : تركيب الأذن الداخلية

وترتبط العظيمات الثلاث مع بعضها بواسطة مفاصل حقيقية ، فترتبط عظمة المطرقة بالسطح الداخلي من غشاء الطبلة وتتمفصل من الداخل بالسندان ، ويتمفصل السندان مع الركاب الذي يرتبط بدوره مع **الكوة البيضية** oval Window التابعة لدهليز الأذن بواسطة ألياف رابطة .

ثالثاً : الأذن الداخلية Internal Ear وهي الأذن الحقيقية من حيث إنّها منطقة الاستقبال الحسّي والموازنة . وهي توجد داخل حجرة عظمية تسمى التيه العظمي Osseous Labyrinth (انظر إلى الشكل ٨-١٦) . ويوجد في فجوة التيه العظمي سائل يدعى **السائل اللمفاوي الخارجي** Perilymph الذي يكون محيطاً **بالتيه الغشائي** Membranous Labyrinth الذي يكون مملوءاً **بسائل اللمف الداخلي** Endolymph . ويتكون (التيه العظمي) من ثلاثة أجزاء (الشكل ٨-١٦) هي :

أ- **الدهليز** Vistibule ويكون الجزء الوسطي من التيه العظمي ؛ وتوجد به عدة فتحات لمرور العصب السمعي . كما توجد في جداره الخارجي فتحة تسمى الكوة البيضية التي تصل بها عظمة الركاب .

ب - **القنوات الهلالية** Semicircular Canals وهي عبارة عن ثلاث قنوات (علوية وخلفية وجانبية) مترابطة مع بعضها (مملوءة بسائل اللمف الداخلي) بالاضافة إلى تركيبين كيسيين هما : الشكوة (القربة)Utricle والكييس Sacule . وتتصل القنوات الهلالية بالدهليز . هذا ، ومما يجدر ذكره بأنّ القنوات الهلالية والشكوة والكييس في الأذن الداخلية ، تعمل على توازن الجسم وتسمى مجتمعة بالجهاز الدهليزيVestibular System . كما يشترك في اتزان الجسم - بالاضافة إلى الجهاز الدهليزي - الجهاز البصري والأعصاب الحسيّة بالعضلات والمفاصل والأعضاء الحسيّة بالجلد وبخاصة تلك الموجودة بأخمص القدمين .

جـ - **القوقعة** Cochlea وهي قناة ملتوية مقطعها العرضي مثلث الشكل . وتشبه القوقعة صدفة الحلزون تلتوي على نفسها طيتين ونصف حول

محور مركزي (الشكل ٨-١٦) . ويمكن تصور القوقعة غير الملتوية (المستقيمة) بشكل مخروط يتألف من ثلاث قنوات (الشكل ٨-١٧) هي :

١ - **قناة الدهليز** Vestibular Canal وهي مملوءة باللمف الخارجي .

٢ - **القناة الطبلية** Tympanic Canal وهي مملوءة باللمف الخارجي . وترتبط القناتان عند قمة القوقعة . وتتميز الكوة البيضية عند بداية قناة الدهليز ؛ كما توجد عند بداية القناة الطبلية **الكوة المستديرة** Round Windo ، والقناة القوقعية الوسطى .

٣ - **القناة القوقعية الوسطى** Cochlear Canal وهي مملوءة باللمف الداخلي . ويوجد فيها عضو كورتي Organ of Corti . ويتألف عضو كورتي من نسيج طلائي معقد التركيب يقع على الغشاء القاعدي Basilar Membrane يحتوي على نهاية الليف العصبي للفرع القوقعي من العصب المخي الثامن (العصب السمعي) ويمتد بصورة حلزونية بطول القناة القوقعية . ويضم عضو كورتي نوعين من الخلايا : (أ) خلايا ساندة (داعمة)Supporting Cells . (ب) خلايا شعرية Hair Cells تعمل كمستلمات للمنبهات المتولدة من أثر الموجات الصوتية . ويوجد غشاء غطائي Tectorial Membrane يتألف من كتلة غذائية ترتبط بالطيات الحلزونية العظمية من جهة ، أما الجهة الأخرى فتكون سائبة تشكل غطاء فوق الخلايا الشعرية لعضو (السمع) كورتي .

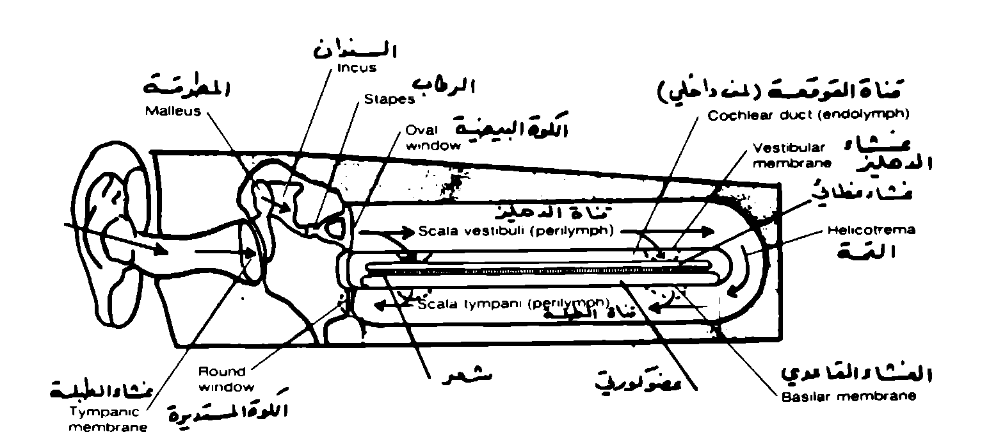
آلية السمع :

يمكن تلخيص آلية السمع بما يلي :

١ - تقع الأمواج الصوتية على صيوان الأذن ، فيجمعها ويوجهها في القناة السمعية نحو غشاء طبلة الأذن (لاحظ اتجاه الأسهم في الشكل ٨-١٧).

٢ - يهتز غشاء طبلة الأذن ، وتهز بدورها العظيمات الثلاث في الأذن الوسطى

وهي : المطرقة والسندان والركاب ؛ ومنها إلى الغشاء المُغطي للكوة البيضية الذي يهتز (الغشاء المغطي للكوّة البيضية) بدوره ؛ وتمر الاهتزازات (الذبذبات) خلال السائل اللمفاوي الخارجي . وبحركة غشاء الكوة البيضية ، يتحرك السائل اللمفاوي الخارجي في قناة الدهليز باتجاه القمة ويعود في القناة الطبلية باتجاه غشاء الكوة المستديرة . والغشاء القاعدي حساس للذبذبات التي تحصل في سائل القناة الطبلية ، مما يسبب تذبذبه تبعاً لتلك الذبذبات ، وبالتالي تتأثر ألياف الخلايا الشعرية لعضو كورتي (يعتمد هذا التأثير على شدة الذبذبات) وتهتز وتلمس ألياف (الخلايا الشعرية) الغشاء الغطائي ، ويكون هذا بمثابة (منبه عصبي) . تتحول عندئذ ، هذه المنبهات إلى سيالات عصبية تنتقل بواسطة العصب السمعي (الثامن) إلى المراكز السمعية في المخ ، وعند ذلك يُدرك الانسان الأصوات المختلفة ويعرف اتجاهاتها .



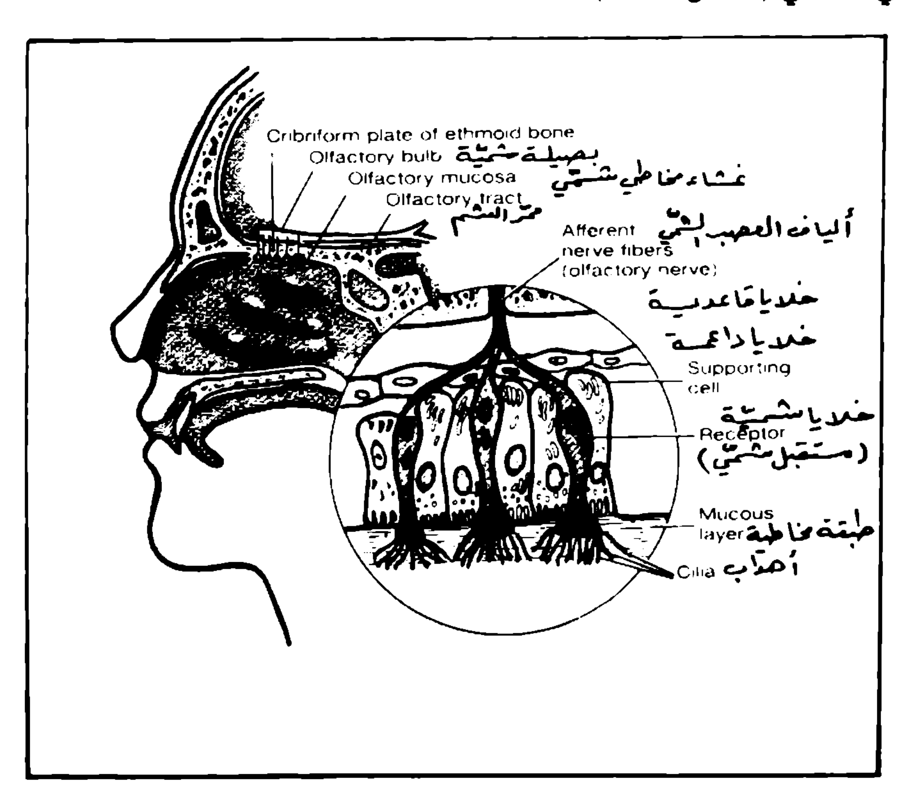
الشكل (٨–١٧) : القوقعة غير الملتوية (المستقيمة)

ثالثاً : الأنف – الشم The Nose

الأنف هو عضو حاسة الشم في الانسان . وهو (الأنف) عضو مجوف غضروفي – عظمي بارز في وسط الوجه ؛ يتكون من فتحتين أماميتين تتصلان بالجو الخارجي أو الهواء مباشرة تسميان فتحتي الأنف . ويوجد في وسط الأنف حاجز

يفصل تجويفه إلى حجرتين مستقلتين ؛ وكل حجرة مبطنة بغشاء أو نسيج مخاطي مهدب يعطي الهواء أو المادة التي تشم درجة حرارة مناسبة من الدفء والرطوبة ، بالإضافة إلى أنه يمسك ويحجز الغبار والأوساخ التي قد تدخل مع الهواء عن طريق الأنف .

وتقع مستلمات (مستقبلات) حاسة الشم داخل القسم الأعلى من الأنف بين الحاجز الوسطي وعظم المحارة العليا Superior Turbinate وتسمى هذه المنطقة **بالشق الشمي** Olfactory Cleft . وتتألف المستقبلات الكيميائية الشميّة من خلايا ضيقة طويلة ، لها من (٦-١٢) خيطاً من الخيوط البروتوبلازمية (الأهداب)؛ ويوجد بالمنطقة الشمية ثلاثة أنواع من الخلايا ، كل منها عبارة عن خلية عصبية (متحورة) ذات قطبين وهي كما يلي (الشكل ٨-١٨) :



الشكل (٨-١٨) : مكونات نسيج المنطقة الشميّة

أ – خلايا قاعدية Basal Cells

ب – خلايا دعامية Supporting Cells

جـ – خلايا شمّية (عصبية) Olfactory Cells

هذا ، وتتم عملية الشم بتحلّل المادة الكيماوية ذات الرائحة في السائل المخاطي كي تستطيع أن تؤثر على المستقبلات الكيميائية الشميّة . وتنتقل الحوافز الشميّة التي تبدأ مسيرتها من الخلايا الشميّة إلى الدماغ عن طريق الأعصاب الشمية (عصب الشم رقم١) حيث تُترجم هناك كأنواع مختلفة من الروائح . والجدير بالذكر أنّ الدراسات العلمية تشير إلى أن هناك تسع مجموعات من خلايا مستقبلة في المساحة الشميّة ، وكل خلية تتأثر بأحد أصناف الروائح المختلفة للمواد الكيميائية .

رابعاً : اللسان – الذوق The Tongue

اللسان عضو عضلي مغطى بنسيج رابط ، يعلوه نسيج طلائي حرشفي متقرن جزئياً . وهو عضو حاسة الذوق (والكلام) في الانسان . والجزء الأساسي لحاسة الذوق هو الغشاء المخاطي الذي يغطي اللسان وسقف الحلق ويمتد إلى بقية الفم ما عدا جذر اللسان المتصل بأرضية الفم .

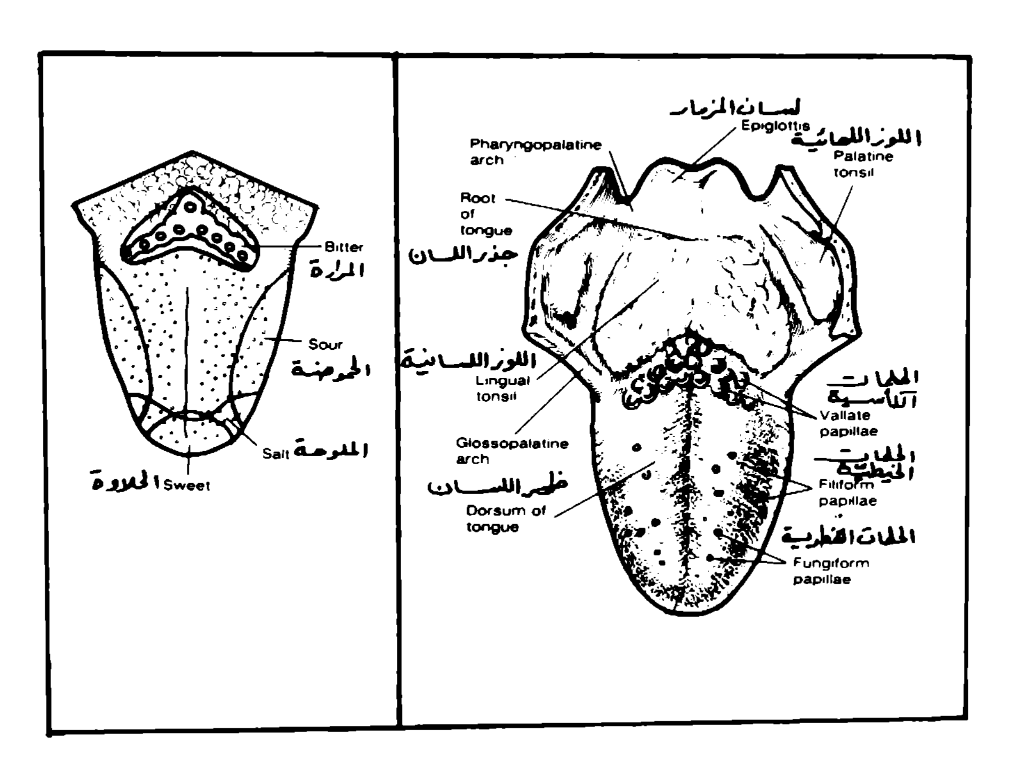
وتنقسم عضلات اللسان إلى نوعين هما :

١ – **عضلات خارجية** تنشأ من خارج اللسان وتنغرس فيه ، وهي مسؤولة عن الحركات العامة للسان كما في حركة اللسان الجانبية وحركته إلى الداخل وإلى الخارج . وهذه الحركات مهمة في عملية خلط الطعام في الفم .

٢ – **عضلات داخلية** تنشأ وتنغرس في اللسان . وهي مسؤولة عن تغيرات شكل اللسان وبخاصة عند النطق والبلغ . وتكون العضلات الداخلية بأوضاع داخلية مختلفة منها الطويلة ومنها المستعرضة ومنها العمودية .

ويوجد في الغشاء المخاطي اللساني نتؤات تعرف **بالحلمات** Papillae أو براعم الذوق Taste Buds ، وتتكون بنية البراعم الذوقي من نوعين من التجمعات من الخلايا الحسيّة وهي :

(أ) الخلايا الذوقية Taste Cells ، (ب) الخلايا المساندة ، وجميعها خلايا مطاولة ذات أنوية مركزية . وتوجد الحلمات (انظر إلى الشكل ٨-١٩) على عدة أشكال هي:



الشكل (٨-١٩) : تركيب اللسان الشكل (٨-٢٠) مراكز تذوق المواد في اللسان

١ - **الحلمات الكأسية (أو العدسية)** Vallate Papillae وهي حلمات كبيرة الحجم نسبياً ، يبلغ عددها حوالي عشر حلمات مرتبة على شكل (٨) وهي موجودة بين الجزء الأمامي من اللسان والجزء الخلفي منه .

٢ - **الحلمات الفطرية** .Fungiform P وهي تشبه الفطر ، وعددها كثير جداً ، موزعة على سطح اللسان كله وبخاصة في جانبيه .

٣ - **الحلمات الخيطية** .Filiform P وتوجد بكثرة في كل سطح اللسان .

وللحلمة (البرعمة) بوجه عام ، فتحة نهائية تخرج منها البروزات الذوقية التي تتصل بالخلايا الذوقية .

ولكي يتم الأحساس بالذوق ، يجب أن يكون المذاق على شكل محلول حتى يسهل وصوله إلى نهاية الأعصاب التي تنقل هذا الاحساس إلى مركز الذوق بالمخ . ولهذا يتوقع أن لا يشعر الانسان بطعم المواد إلاّ إذا ذابت في اللعاب. هذا ، وتختلف قوة الذوق باختلاف أجزاء اللسان (الشكل ٨–٢٠) كما يلي:

أ – البراعم الذوقية الواقعة في طرف اللسان مسؤولة عن تذوق المادة الحلوة.

ب – البراعم الذوقية الواقعة على السطح الجانبي (حافتي) اللسان مسؤولة عن تذوق المواد المالحة والحامضية .

جـ – البراعم الذوقية الواقعة عند مؤخرة السطح العلوي للسان مسؤولة عن تذوق المواد المرّة . هذا ، وتتصل أربعة من الأعصاب المخية (القحفية) في نقل الحوافز من المستقبلات الذوقية إلى قشرة الدماغ الحسيّة وهي كما يلي:

أ – يجهز العصب التاسع (اللسان البلعومي) مؤخرة وجوانب اللسان .

ب – يجهز الفرع اللساني للعصب الخامس (العصب التوأمي الثلاثي) جوانب وقمة اللسان .

جـ – يجهز الفرع اللساني السابع (العصب الوجهي) جوانب وقمة اللسان .

د – يجهز الفرع الحنجري للعصب العاشر (العصب التائه أو المبهم) السطح البلعومي للسان . وتعمل جميع هذه الأعصاب بطريقة أو أخرى ، على تنبيه إفراز اللعاب ، وتحريك العضلات الخاصة بالمضغ وبراعم الذوق ... ليتم ترجمتها وادراكها بمنطقة الذوق الحسيّة في المخ .

الفصل التاسع

جهاز الغدد الصمّاء Endocrine Glands System

تقع بيولوجية الانسان تحت تأثير عدد كبير من العوامل تسيطر على مختلف النواحي الفسيولوجية وتتحكم في مسيرتها التطورية . وفاعلية هذه العوامل تبدو أكثر وضوحاً عند اجتماعها معاً وتراكمها في التأثير . ففي جسم الانسان تجري عمليات حيوية وفسيولوجية مختلفة ترتبط بعضها ببعض ارتباطاً محكماً كوحدة واحدة ، إلاّ أن نشاط الجسم وفاعليته خاضع بشكل رئيسي لجهازين هما :

١ – الجهاز العصبي .

٢ – جهاز الغدد الصمّاء .

والغدد الصماء ، لا تعمل الغدة مستقلة عن الأخرى بل تعمل معاً في جهاز كبقية أجهزة الجسم ، ومن هنا يُطلق عليها جهاز الغدد الصماء . فمثلاً سنجد فيما بعد أنّ الغدة النخامية تفرز عدداً كبيراً من الهرمونات تعمل على تنبيه وتنشيط إفراز غدد أخرى والتي بدورها تنظم بافرازاتها الهرمونية عمل الغدة النخامية وهكذا . والاختلاف بين الجهازين السابقين يرجع إلى سرعة تأثير كل منهما ، فبينما نجد الجهاز العصبي يعمل على تنظيم الاستجابات العصبية للمؤثرات التي تصل الجسم عن طريق أعضاء الاستقبال المختلفة بسرعة فائقة فيتأقلم ويتكيف تبعاً لذلك ، نجد أنّ تأثير جهاز الغدد الصماء يكون أبطأ بكثير من ذلك ، إلاّ أنّ تأثيره يستمر لفترة أطول من تأثير الجهاز العصبي .

الغدد الصماء عبارة عن أجسام غدية عديمة القنوات تفرز مواد كيميائية خاصة مباشرة في الدم تعرف **بالهرمونات** Hormones تؤثر على الأنسجة وأعضاء الجسم المختلفة حسب طبيعة الإفرازات . وتفرز الهرمونات عادة بكميات ضئيلة جداً لكنها كافية لاحداث التأثير المطلوب في جسم الإنسان . هذا ، وعلى الرغم أنّه يصعب أن ننسب الهرمونات إلى تصنيف ما من المركبات الكيماوية ، إلاّ إنّها تعتبر مواد عضوية بعضها يتألف من البروتين المعقد والبعض الآخر من المركبات البسيطة كالأحماض الأمينية أو الستيرويدات Steroids . ترتبط الهرمونات بكافة التنظيمات الحيوية ، لهذا تسيطر (الهرمونات) سيطرة حقيقية على معظم الوظائف البيولوجية والفسيولوجية في الجسم . وعليه ، إذا حدث أي خلل أو تلف في إفراز أحد هذه الهرمونات ولو بكميات قليلة فإنّه يؤدي إلى نتائج غير مرغوبة للانسان .

يوجد في جسم الإنسان **ثلاثة أنواع من الغدد** هي :

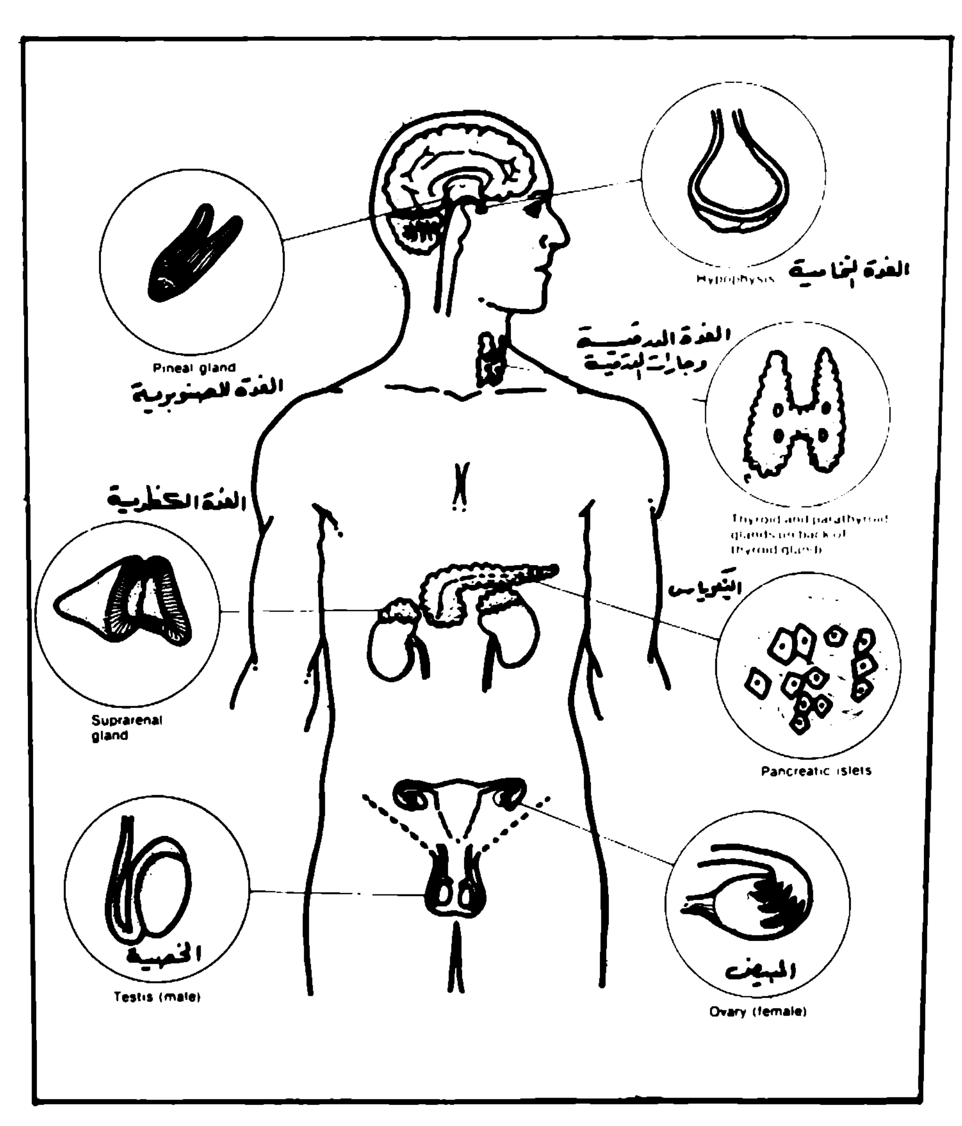
١ - **الغدد ذات الافراز الخارجي** Exocrine Glands وتحتوي هذه الغدد على قنوات خاصة بها تصب بواسطتها الافرازات إما داخل الجسم كما هو الحال في الغدد اللعابية والغدة أو الحوصلة الصفراوية ، أو تصب افرازاتها خارج الجسم كما في الغدد الدمعية والغدد العرقية التي تصب افرازاتها على سطح الجلد الخارجي ؛ ويكون مكان الاستفادة من هذه الافرازات محدّداً ومحصوراً في منطقة معينة .

٢ - **الغدد الصّماء** Ductless Glands أو ذات الافراز الداخلي Endocrine Glands . تمتاز هذه الغدد بأنّ **ليس لها قنوات** خاصة بها ، بل تصب افرازاتها مباشرة في (الدم) أو الدورة الدموية ، ولهذا يكون تأثيرها غير محدد بمنطقة معينة بل شاملاً لمعظم مناطق الجسم .

٣ - **الغدد المشتركة أو المختلطة** Mixed Glands تجمع هذه الغدد بين النوعين السابقين ؛ وعليه فإنّ لها قنوات خاصة بها وبنفس الوقت لها القدرة على أن تصب افرازاتها في الدم مباشرة كما في غدة البنكرياس والغدد الجنسية .

للغدد الصّماء وافرازاتها الهرمونية – على قلتها – **أهمية كبيرة في حياة الانسان**

تتمثل في أداء الوظائف التالية :



الشكل (٩-١) : توزيع الغدد الصّماء في جسم الانسان

أ - توازن واتزان الوضع الداخلي للجسم وتنظيمه (الاتزان الداخلي) .

ب - نمو الجسم .

جـ – النضوج الجنسي .

د – التمثيل الغذائي .

هـ – سلوك الانسان ونموه العاطفي والتفكيري .

والشكل (٩–١) يبين **توزيع الغدد الصمّاء في جسم الانسان** وهي كما يلي:

١ – الغدة النخامية Pituitary Gland (Hypophysis)

٢ – الغدة الدرقية Thyroid Gland

٣ – الغدد جارات الدرقية Parathyroid Glands

٤ – غدة البنكرياس Pancreas Gland

٥ – الغدد الكظرية (فوق الكلوية) Adrenal (Suprarenal) Glands

٦ – الغدد الجنسية Gonads

٧ – الغدة التيموسية (الزعترية) Thymus Gland

٨ – الغدة الصنوبرية Pineal Gland

٩ – هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

١٠ – هرمونات المشيمة Placental Hormones

أولاً : الغدة النخامية : Pituitary Gland

وهي غدة صغيرة الحجم توجد أسفل الدماغ ، وتعتبر أهم غدة في الجسم لأنّها تسيطر على معظم الغدد الصماء الأخرى وتنظم افرازاتها ، ولذلك يُطلق عليها أحياناً بأنّها «سيدة الغدد» . وتتألف الغدة من ثلاثة أجزاء أو فصوص هي :

١ – **الفص الأمامي** Anterior Lobe or Pituitary ويشكل الجزء الأكبر والهام من الغدة النخامية . ويفرز هرمونات عديدة لها أهمية كبيرة في نمو الجسم وتنظيمه ونشاطه الجنسي . وهذه الهرمونات (لاحظ الشكل ٩–٢) هي :

أ – **هرمون النمو** .Growth H وهو هرمون بروتيني يعمل على تنشيط نمو العضلات والعظام ولهذا يسمى الهرمون المنشط للجسم ؛ وهو يرتبط أيضا بالتمثيل الغذائي العام للجسم وبالتالي تنشيط انقسام الخلايا ونمو الجسم وبنائه . وعليه ، فإنّ نقص هذا الهرمون في سن مبكر يسبب ما يُعرف بالأقزمة (القزامة) Dwarfism ؛ وعلى العكس إذا أفرز هذا الهرمون بكميات كبيرة خلال مرحلة الصبا فإنّه يؤدي إلى العملقة Gigantism .

ب – الهرمون المنشط لافراز الحليب أو البرولاكتين .Lactogenic H (Luteotrophic H) وينشط الغدد اللبنية في الأثداء لافراز الحليب لتغذية الطفل ؛ كما أنّ له علاقة مباشرة في إظهار غريزة الأمومة عند الأم.

جـ – **الهرمونات المنشطة للغدد التناسلية** .Gonadotrophic H وهي هرمونات ذات تأثير كبير على أعمال وفاعلية الهرمونات التناسلية المفرزة وهي :

١ – الهرمون المنشط للحوصلة .F.S.H وينشط عملية نمو حويصلة جراف في مبيض الأنثى ؛ كما يعمل على تنشيط عملية تكوين الحيوانات المنوية في الذكر .

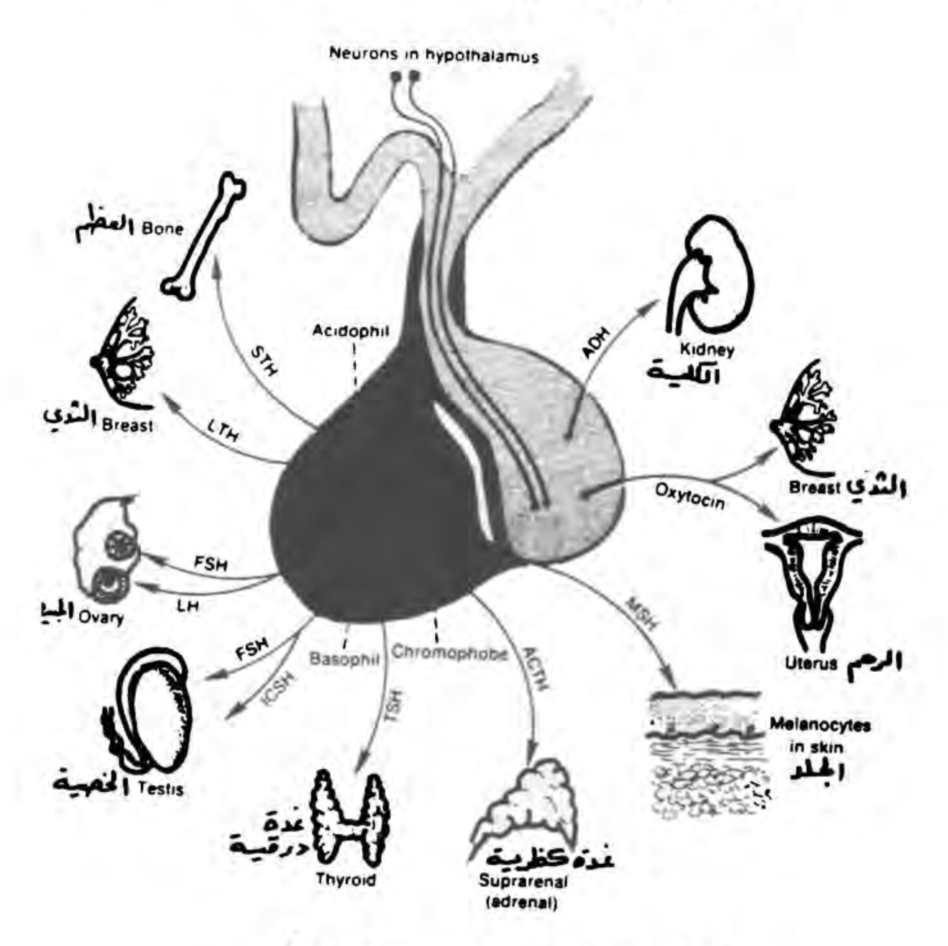
٢ – الهرمون المنشط للجسم الأصفر .L.H يتم هذا الهرمون نضوج البويضة ومن ثم إنفجار حوصلة جراف وخروج البويضة . كما ينشط نمو الجسم الأصفر ليمنع إفراز بويضات أخرى . أما في الذكر، فيؤثر على النسيج البيني في الخصية وينبه إفراز هرمون التستستيرون المسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية الذكرية .

د – الهرمـــون المنبـــه للخلايا الملونة .Melanocyte - Stimulating H (.M. S. H) يعمل على تنشيط الخلايا الملونة في الجلد وبالتالي تعمل على صبغ الجلد بالكمية المناسبة (وراثياً) وحسب الظروف البيئية التي

يعيش فيها الكائن الحي أو الانسان .

هـ - الهرمون المنشط للغدة الدرقية (.Thyrotropic S. H. (T. S. H
يعمل على تنشيط وتنظيم إفرازات الغدة الدرقية .

و - الهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية .Adrenocorticotrophic H
(ACTH) وهو هرمون بروتيني يعمل على تنظيم نمو وافرازات قشرة الغدد الكظرية (فوق الكلوية) .



الشكل (٩-٢) : هرمونات الغدة النخاميّة

٢ - **الفص المتوسط** Intermediate Lobe كُشف في هذا الجزء من الغدة

النخامية عن وجود هرمون يؤثر في الخلايا الصبغية في كثير من الحيوانات الفقارية يعرف باسم الهرمون المنبه للخلايا الصبغية السوداء .M. S. H الذي سبق أن ذكرناه في إفرازات الفص الأمامي للغدة النخامية . إنّ كثافة انتشار الأصباغ هذه في خلايا وأنسجة الجسم تسبب تغيراً في ألوان الحيوانات الفقارية مما يساعدها في الاختفاء أو الهروب من وجه الأعداء . أما في الانسان فلا يعرف بالتأكيد وجود هذا الهرمون أو مدى تأثيره على انتشار صبغة الميلانين في بشرة الجلد بوجه عام .

٣ – **الفص الخلفي** Posterior Lobe يفرز هرمونات لها تأثير على أعمال كثير من الأعضاء والأجهزة ذات الأهمية الكبيرة في حياة الإنسان كالقلب والأوعية الدموية والتنفس والكليتين ، ويعرف من هذه الهرمونات هرمونان على الأقل هما :

أ – الهرمون **القابض للأوعية الدموية** (الفاسوبريسين) .Vasopressin H ويؤثر هذا الهرمون على القلب والأوعية الدموية ، ويسبب ارتفاع ضغط الدم . لذا يستخدم هذا الهرمون لرفع ضغط الدم خاصة أثناء بعض العمليات الجراحية التي فيها يهبط ضغط دم المريض . والجدير بالذكر ، أنّ هذا الهرمون يُطلق عليه هرمون **المانع لادرار البول** Antidiurtic H. (ADH) فهو ينظم إفراز البول ويعمل على إعادة امتصاص الماء . ولهذا فإنّ نقص إفرازه يسبب ازدياداً كبيراً في إدرار البول الذي يصحبه عطش كبير لتعويض ما فقد من الماء ؛ وهذا يعرف بمرض **السكري الكاذب** .

ب – هرمون **الاوكسيتوسين** .Oxytocin H وله علاقة مباشرة في عملية تنظيم تقلصات الرحم ، إذ يوقفها أثناء الحمل ويزيدها بشدة عند الولادة من أجل إخراج الجنين . ولهذا غالباً ما يستخدمه الأطباء للاسراع في عمليات الولادة . كما أنّ لهذا الهرمون أثراً مشجعاً في اندفاع أو نزول الحليب من الغدد اللبنية استجابة لعملية الرضاعة حيث يؤثر على العضلات الملساء لحلمات

الأثداء. والجدير بالذكر ، أنّ هذين الهرمونين يتم تكوينهما في بعض الخلايا في أنسجة خاصة من المخ تسمى الهيبوتلامس Hypothalamus بعدها تنتقل الهرمونات خلال محاور عصبية ليتم تخزينها في أنسجة الفص الخلفي للغدة النخامية .

ثانياً : الغدة الدرقيّة : Thyroid Gland

تتكون الغدة الدرقية من فصين يوجدان على جانبي القصبة الهوائية في منطقة العنق يربطهما غشاء رقيق . وتعتبر الغدة الدرقية من أكبر الغدد الصماء حجماً إذ يصل وزنها حوالي (٢٨) غم في الانسان البالغ . وللغدة الدرقية القدرة على سحب عنصر اليود من الدم وتخزينه فيها لتكوين الهرمونات ، فقد ذكر أنّ ٢٥٪ من يود الجسم موجود في الغدة الدرقية إذ إنّ اليود يرتبط بدرجة كبيرة في مكونات هرمونات الغدة الدرقية . ومن أهم الهرمونات التي تفرزها هي :

أ – هرمون الثيروكسين Thyroxin H.

ب – هرمون ثلاثي يود الثايرونين Triiodothyronine H.

جـ – هرمون ثنائي يود الثايرونين Diiodothyronine H.

وترجع **أهمية هذه الهرمونات** إلى أنّها :

١ – تسرع من معدل التنفس الخلوي (أكسدة الغذاء) وبالتالي تزيد من سرعة التمثيل الغذائي في الجسم . ولهذا يزداد استهلاك الجسم للأكسجين ويزداد انطلاق الطاقة الحرارية من الجسم .

٢ – تعمل بالتعاون مع هرمونات أخرى ، على تنظيم نمو ونضج الجسم ؛ وهذا يشمل نمو ونضوج العظام والأسنان والنضوج الجنسي والأنشطة العقلية . فلقد ذكر أنّ الغدة الدرقية تفرز هرموناً يُسمى (Cacitonin) يمنع انطلاق الكالسيوم من العظام ، وبالتالي يعمل على خفض نسبة الكالسيوم في الدم .

هذا ، **ويتوقف نشاط الغدة الدرقية** على عدة عوامل منها :

أ – كمية اليود في الدم ومدى توارد الدم إلى الغدة الدرقية .

ب – الغذاء : الأغذية الفقيرة في مركبات اليود والبروتينات تقلل من نشاط الغدة والعكس صحيح .

جـ – التحكم الهرموني للغدة النخامية ومنها الهرمون المنشط للغدة الدرقية.

د – درجة الحرارة : الجو البارد ينشط الغدة الدرقية ، ولهذا النشاط علاقة بالطاقة الحرارية التي تتكون نتيجة أكسدة الغذاء حيث تستخدم لتدفئة الجسم .

إنّ نشاط الغدة الدرقية بشكل غير طبيعي يسبب آثاراً غير مرضية في جسم الإنسان ، منها **تضخم الغدة الدرقية** نفسها ، وهو نوعان :

١ – تضخم محلي أو بسيط Simple Goiter وينتج عن نقص وجود اليود في الغذاء والماء والهواء وبخاصة عند السكان الذين يسكنون في مناطق بعيدة عن الشواطئ البحرية . وعلاج ذلك يكون بضمان توافر اليود في الغذاء وتناول الأطعمة البحرية الطازجة والمعلبة الغنية باليود .

٢ – تضخم جحوظي Exophthalmic Goiter وينتج عن إفراط في إفراز هرمونات الغدة الدرقية بشكل غير طبيعي مما يسبب تضخماً ملحوظاً للغدة الدرقية ، وينتفخ الجزء الأمامي من الرقبة تبعاً لذلك . كما يترتب على ذلك زيادة تأكسد الغذاء وعملية التحول الغذائي ويؤدي بالتالي إلى نقص في وزن الجسم . كما تزداد دقات القلب ، ويرتفع ضغط الدم ويزداد التهيج العصبي . وقد يكون التضخم مصحوباً بجحوظ في العينين ومن هنا جاءت التسمية . أما علاجة فقد يلجأ بعض الأطباء إلى بتر جزء من الغدة الدرقية أو يعالجون (التضخم) بمركبات طبية أخرى .

أما نقص إفراز الغدة الدرقية Hypothyroidism فيؤدي إلى ظهور حالتين أو مرضين في الانسان هما :

١ – نقص افرازات الغدة في مرحلة الطفولة يؤثر على نمو الجسم ، والنضوج العقلي ، ويسبب مرض القصر أو ما يُعرف بالقماءة Cretinism فيبدو الجسم

قصيراً والرأس متسعاً والرقبة قصيرة . كما أنّ نقص الهرمون يؤثر على تطور خلايا الجسم خاصة الدماغ وبالتالي يؤثر على النضوج العقلي للطفل وقد يُسبب له تخلفاً عقلياً دائماً وتأخراً في النضوج الجنسي .

٢ - نقص إفرازات الغدة في الأشخاص البالغين تسبب مرض الميكسيديما Myxedema ويصاب الشخص بجفاف في جلده وقلة الشعر ، ونقص في النشاط العقلي والجسمي . كما يؤدي إلى زيادة في وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة وهبوط في مستوى التمثيل الغذائي فلا يتحمل البرودة . كما يتعب الشخص المصاب بسرعة خاصة وأن دقات القلب تتقاعس وتتباطأ ويقل ضغط الدم . ويعالج المرضان بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها ولابد دائماً من استشارة الطبيب المختص .

ثالثاً : الغدد جارات الدرقية : Parathyroid Glands

وهي أربع غدد صغيرة الحجم (لاحظ الشكل ٩-١) تقع داخل أو على جانبي الغدة الدرقية ، وأهم الهرمونات التي تفرزها هي :

أ - هرمون جارات الدرقية .Parathyroid H أو الهرمون الجاردرقي ، وهو هرمون بروتيني مسؤول عن تنظيم أو ثبات نسبة الكالسيوم والفسفور في الدم وذلك عن طريق تنظيم عملية التمثيل الغذائي لعنصري الكالسيوم والفسفور في الجسم . وعليه ، فإنّ أية زيادة في هذه العناصر الغذائية يؤدي إلى ترسيبها واندماجها مع العظام ، أو تفرز عن طريق الجهاز البولي إذ إنّ الكليتين تتخلص من هذه المواد والتي تزيد عن نسبة معينة في الجسم .

إنّ زيادة أو نقصان إفراز هذا الهرمون تسبب حالات غير مرضية في الجسم . وعليه ، فإنّ زيادة إفرازه يعني زيادة في تركيز الكالسيوم في الدم وبالتالي يتلخص الجسم من الكمية الزائدة عن طريق الكليتين ؛ لكنّ هذه الزيادة تكون على حساب كالسيوم العظام لا الغذاء مما يسبب ليونتها وتعرضها للكسر بسهولة . أما نقصان افراز الهرمون فيسبب نقصاً في تركيز الكالسيوم في الدم وبالتالي يؤدي إلى تأثيرات عصبيّة وعضليّة وكيمائية ، حيث يؤدي ذلك إلى تشنج الأعصاب ويصبح الشخص متوتر

الأعصاب وسريع الاندفاعات العاطفية وتنقبض العضلات انقباضات متتالية . ولهذا يقترح البعض أنّ هذه الغدد (جارات الدرقية) هي سبب التغييرات اليومية في الأمزجة التي نصادفها جميعاً ، ولهذا يُطلق عليها أحياناً (بغدد المزاج) .

هذا ، وإذا اعتبرنا هرمون Calcitonin وعمله ، وهرمون الجاردرقي Parathyr-oid فإنّنا نجد أنّ الهرمونين يشكلان آلية دقيقة لتنظيم نسبة الكالسيوم في الدم (١٠ ملغم / سم٣ دم) وأن إنتاجهما يرتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الكالسيوم في الدم ، وتأثير أحدهما مضاد للآخر ، فبينما نجد الأول يعمل على منع انطلاق الكالسيوم من العظام ، نجد الثاني يساعد على انطلاق الكالسيوم من العظام ؛ وكل هذا وذاك للمحافظة على نسبة متزنة من الكالسيوم في بلازما الدم .

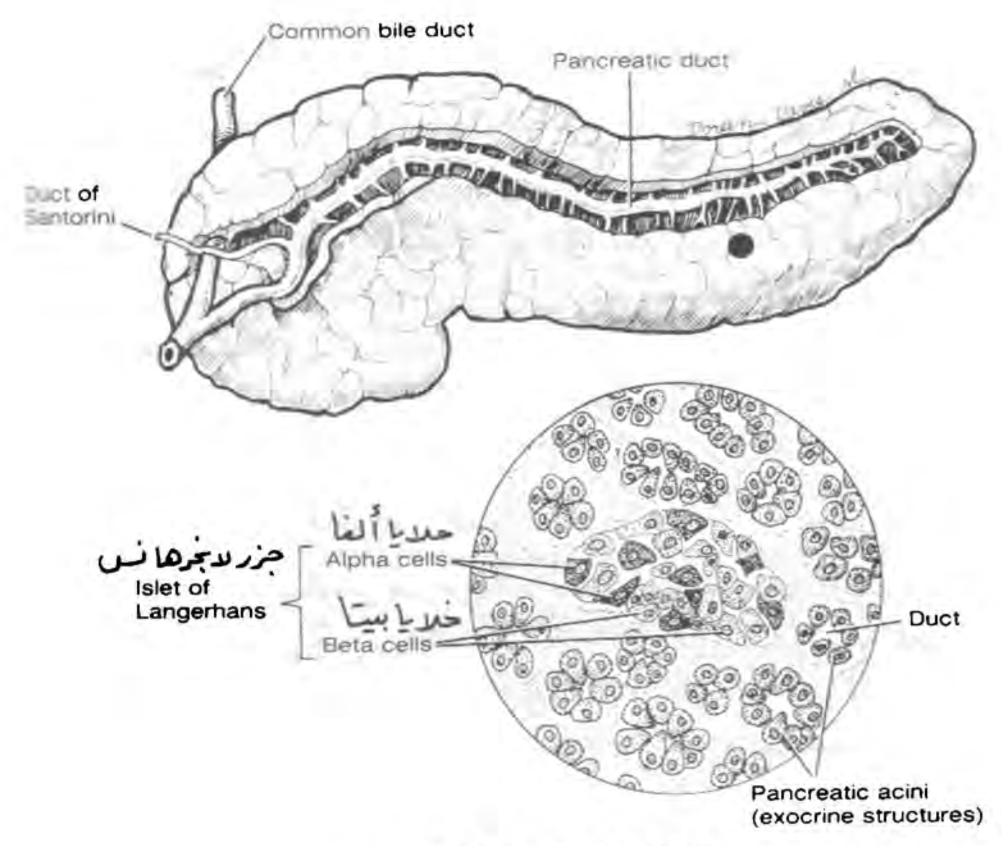
رابعاً : غدة البنكرياس : Pancreas Gland

بالرغم أنّ البنكرياس يُعتبر من الغدد الملحقة بالقناة الهضمية إلاّ أنه يعتبر أيضاً من الغدد المشتركة التي تجمع بين الغدد ذات الافراز الخارجي والغدد الصماء ، فهو يقوم بصب أنزيماته الهاضمة في الأثني عشر (الفصل الثاني عشر) عن طريق قناة خاصة به، كما يقوم بافراز هرمونات في الدم مباشرة وذلك من خلايا غدّية صغيرة متخصصة تعرف بجزر لانجرهانس (الشكل ٩-٣) . ويمكن تمييز نوعين من الخلايا في جزر لانجرهانس Islands Of Langerhans (الشكل ٩-٣) هي :

١ - **خلايا ألفا** Alpha (A) Cells وهي خلايا أقل في العدد من نظيراتها خلايا بيتا ، وتحتوي على حبيبات قابلة للذوبان في الماء ؛ وفيها يتكون هرمون الجلوكاجون .

٢ - **خلايا بيتا** Beta (B) Cells وهي خلايا تحتوي على حبيبات تذوب في الكحول ، وتمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانس ؛ وفيها يتكون هرمون الأنسولين .

تفرز غدة البنكرياس هرمونين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر في الجسم ، وبالتالي المحافظة على مستوى ثابت من السكر في الدم Blood Sugar Level والتي تبلغ حوالي (٨٠ - ١٢٠) ملغم سكر / ١٠٠ سم٣ دم ، والهرمونين هما:



الشكل (٩-٣) : البنكرياس

أ - **هرمون الانسولين** .Insulin H وهو هرمون بروتيني يتكون من سلسلتين من البروتين : الأولى تعرف بسلسلة (أ) وتتكون من (٢١) حامضاً أمينياً ، والثانية سلسلة (ب) وتتكون من (٣٠) حامضاً أمينياً . ويعمل الأنسولين على **خفض تركيز سكر الجلوكوز** بالدم وذلك عن طريقين :

١ - الحض على أكسدة الجلوكوز في خلايا وأنسجة الجسم ، حيث وجد أنّ الانسولين ضروري لمرور السكريات الأحادية (ما عدا الفركتوز) من خلال غشاء الخلية إلى داخلها حتى يمكن استخدامه .

٢ - التحكم بالعلاقة بين الجلايكوجين المخزن والجلوكوز المنفرد في الدم ،

فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى جلايكوجين أو إلى مواد دهنية تخزن في الكبد والعضلات أو أنسجة الجسم الأخرى .

ب - **هرمون الجلوكاجون** Glucagon وهو هرمون بروتيني مكوّن من (٢٩) حامضاً أمينياً ، يعمل عكس هرمون الأنسولين وذلك برفع تركيز الجلوكوز بالدم ؛ ويكون ذلك عن طريق تحويل الجلايكوجين المخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز . وبناءً على ما سبق ، فإنّه إذا ما **عجز البنكرياس** عن إفراز هرموناته فإنّ ذلك يؤدي إلى زيادة ملحوظة في نسبة السكر في الدم Hyperglycemia والذي لا يلبث أن يفرز مع البول عن طريق الكليتين ويسبب ما يعرف بـ **مرض السكري** Diabetes Mellitus والذي من أعراضه، بالاضافة إلى وجود السكر في البول ، زيادة كمية البول زيادة ملحوظة مما يسبب فقدان كمية كبيرة من الماء والسكر ، ولهذا يشعر الشخص المصاب بالعطش والجوع ؛ كما ينقص وزن الجسم تدريجياً لسرعة نفاد الجلايكوجين المدخر في الكبد والعضلات . ويعالج مرض السكري عادة بإعطاء المريض هرمون الانسولين والذي يصنع من مستخلصات البنكرياس أو البكتيريا (الفصل الثاني) بشكل تجاري مما يوفر العناء على ملايين الأشخاص المصابين بهذا المرض .

خامساً : الغدد الكظريّة (فوق الكلوية): Adrenal (Suprarenal) Glands

وهما غدتان متناظرتان تقع كل غدة فوق كلية واحدة ، وتنقسم كل غدة إلى نسيجين : نسيج خارجي يدعى القشرة Cortex ، ونسيج داخلي مركزي يدعى النخاع Medulla . وتفرز الغدد عدداً كبيراً من الهرمونات قد تصل إلى ثلاثين هرموناً مما يؤدي إزالة هذه الغدد إلى الموت . والهرمونات التي تفرزها القشرة تختلف عن نظيرتها (الهرمونات) التي يُفرزها النخاع ، وهي كما يلي :

١ - **هرمون القشرة** Corticosteroid Hormones ، تفرز القشرة هرمونات عديدة تعتبر ضرورية لحياة الإنسان؛ وتصنف هذه الهرمونات حسب وظيفتها إلى ثلاث مجموعات هرمونية رئيسية هي :

أ – مجموعة **الهرمونات السكرية** Glucocorticoids مثل كورتيزول Cortisol وكورتيكوستيرون Corticosterone ولهما علاقة قوية بعملية التمثيل الغذائي وضد الالتهابات . كما يعملان على تحول المواد غير السكرية كالأحماض الأمينية والدهون إلى جلوكوز . وهذه الخطوة ضرورية للحياة ، حيث إنّ معظم طاقة الجسم تكون مخزنة على شكل دهون وأحماض أمينية والتي لابد من تحولها إلى سكر لاستخلاص الطاقة منها . كما تستخدم الهرمونات (Cortisol , Corti-costerone , Cortisone) في حالات الالتهاب لازالة الشعور بالألم كما في حالات الروماتيزم Arthritis والحساسية Allergies . إلاّ أنه يجب استخدامها بعناية كبيرة مع استشارة الطبيب المختص لأنّ الخطأ في استعمالها قد يقلل من مقاومة الجسم لحالات العدوى .

ب – مجموعة **الهرمونات المعدنية** Mineralocorticoids مثل الدوستيرون Aldosterone وديوكسي كورتيكوستيرون Deoxycorti-costerone ؛ وتعمل على توازن وتنظيم عمليات التمثيل الغذائي للأملاح والماء ، كما تنظم كمياتها التي تخرج مع البول ؛ فهي تشجع على سبيل المثال ، إعادة امتصاص أملاح الصوديوم والكلور بينما تشجع التخلص من أملاح البوتاسيوم في الكليتين وربما يرجع ذلك إلى أنّ الصوديوم يوجد بقلة في الغذاء بينما يتوفر البوتاسيوم بكثرة نسبياً ، وهكذا تعمل هذه الهرمونات على توازن الأملاح المعدنية في الدم .

جـ – مجموعة **الهرمونات الجنسية** Sex Hormones أو مجموعة الستيرويدات Steroids وتشمل الهرمونات الذكرية والأنثوية . فالهرمونات تستستيرون Testosterone واستروجين Astrogen وبروجستيرون Progesterone ، على الرغم أنّها تفرز وتنتج من الغدد الجنسية إلا أنه وجد أن قشرة الغدة الكظرية لها دور في إفراز هرمونات لها نشاط مشابه للهرمونات والهرمونات الجنسية المذكورة . ولهذا إذا حدث اختلال بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المفرزة

من الغدد المختصة ، فإنّ ذلك يؤدي إلى ظهور صفات وعوارض الرجولة في النساء كخشونة الصوت وزيادة قوة العضلات ونمو الشعر في الوجه؛ وفي الذكور يؤدي إلى ظهور علامات الأنوثة كندرة الشعر ، ونعومة الصوت ، وكبر الأثداء ؛ وقد يؤدي ذلك إلى ضمور الخصيتين خاصة إذا حدثت تورمات في قشرة الغدد .

٢ – **هرمونات النخاع** Medulla Hormones ، يفرز نخاع الغدة الكظرية هرمونين متشابهين في التركيب والتأثير لحد كبير هما :

أ – هرمون الأدرينالين Adrenaline H. أو ابي نيفرين Epinephrine .

ب – هرمون نور ابي نيفرين Norepinephrine ويمكن تلخيص أثرهما بما يلي :

١ – لهما دور هام في التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية ، إذ يعملان على زيادة نسبة سكر الجلوكوز في الدم عن طريق الاسراع في تحويل جلايكوجين الكبد إلى جلوكوز في الدم وتحويل جلايكوجين العضلات إلى حامض لاكتيك في الدم ؛ ويرافق ذلك انتاج طاقة مباشرة بالعضلات في حين يتحول الحامض في النهاية إلى جلايكوجين في الكبد وهكذا .

٢ – تعمل على توسيع الأوعية الدموية في الجلد والعضلات وذلك لاتاحة الفرصة لتوصيل الدم الكافي لها .

٣ – انقباض الأوعية الدموية Vasoconstrictor مما يؤدي إلى رفع ضغط الدم وزيادة سرعة دقات القلب لضخ كميات كبيرة من الدم إلى العضلات ؛ ويصاحب ذلك سرعة في التنفس لتزويد الدم بكمية كافية من الأكسجين وبالتالي تزويد العضلات بهذا الأكسجين .
والجدير بالذكر ، أنّ هذين الهرمونين يزداد افرازهما بكثرة في حالات الخوف والاضطرابات أو الانفعالات النفسية للانسان ، أو في حالة شعور الانسان (أو الحيوان) أنه في حالة غضب أو شعور

بالمشاجرة أو العدوانية أو الدفاع ... أو المفاجأة ؛ كل ذلك يؤدي إلى إنتاج طاقة كبيرة للتصرف إزاء حالات الطوارئ مما يؤدي بالانسان القيام بعمل فوق طاقة الناس أحياناً . ولذا يطلق على هذه الهرمونات (بهرمونات الطوارئ). كما يزداد افرازها أيضا عند نقص جلوكوز الدم أو التعرض للبرودة . كما نلاحظ أنّ عمل هذه الهرمونات معاكس لعمل هرمون الانسولين علماً بأنهما ينبهان بعضهما البعض للافراز .

سادساً : الغدد التناسلية : Sex Glands (Gonads)

بالاضافة إلى وظيفة الغدد الجنسية (الخصى والمبايض) في إنتاج الخلايا التناسلية وتشكيل الصفات التناسلية ، فإنّها تقوم بافراز هرمونات جنسية تؤدي إلى التمايز الجنسي بين الذكر والأنثى بعدد من الخصائص والصفات تسمى الصفات الجنسية الثانوية . وتختص هذه الصفات بالمظهر ، والسلوك والطباع ، والخصائص النفسية وغيرها ، والتي تتضح بشكل قوي للغاية في مرحلة الشيخوخة .

تتكون الهرمونات الجنسية في خلايا خاصة تعرف بالخلايا البينية Interstitial Cells في الخصى والمبايض وذلك نتيجة لتأثير الهرمونات المنبهة للغدد الجنسية التي يفرزها الفص الأمامي للغدة النخامية . وهذه الهرمونات هي :

١ - **الهرمونات الذكرية** وتسمى الاندروجينات Androgens وتفرز هذه الهرمونات من الخصى وأهمها :

أ - هرمون التستستيرون .Testosterone H وهو مسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية الذكرية كخشونة الصوت وقوة العظام والعضلات ونمو الشعر في الوجه والذقن ؛ وكذلك نمو العضو الذكري وكيس الصفن والبروستاتا والحويصلات المنوية والبربخ . ولهذا فإنّ إزالة الخصيتين Gastration تؤدي إلى إختفاء تدريجي في الصفات الجنسية الذكرية . هذا ، وقد أمكن تحضير هرمونات الخصية صناعياً التي تستخدم في علاج بعض الأحوال المرضية خاصة المتعلقة بالحيوية والنشاط الجنسي .

٢ – **الهرمونات الأنثوية** وتدعى الأستروجينات Astrogens ؛ وتفرز هذه الهرمونات من المبيض علاوة على إنتاج البويضات . وترجع أهميتها إلى إبراز وتطوير نمو الصفات الثانوية الأنثوية كنمو الأثداء ونعومة الصوت وحدوث الحيض وتوزيع الشعر في الجسم وترسيب الدهن في أماكن معينة في الجسم ونمو الأعضاء الجنسية الأنثوية . ومن أهم هذه الهرمونات (الأنثوية) ما يلي :

أ – مجموعة من الهرمونات الأنثوية تعمل على **تهيئة بطانة الرحم** وزيادة سمكه ، كما تعمل على نمو الصفات المميزة للأنثى ونمو الأعضاء التناسلية. ومن هذه الهرمونات الاستراديول Estradiol والاسترون Estrone والاستريول Estriol . ونقص إفراز هذه الهرمونات يؤدي إلى ضمور تدريجي في الأعضاء الجنسية والصفات الجنسية الثانوية الأنثوية .

ب – الجسم الأصفر Corpus Luteum ، بعد انفجار حويصلة جراف وخروج البويضة يتكون الجسم الأصفر مكانها على سطح المبيض . بالاضافة إلى أنه **يمنع تكوين بويضات جديدة** ، فهو يقوم بإفراز الهرمونات التالية :

١ – هرمون البروجسترون Progesterone H. ويعمل على تهيئة الرحم لاستقبال البويضة المخصبة وتطور الجنين ، كما يؤمن الظروف الطبيعية لاستمرار الحمل .

٢ – هرمون ريلاكسين Relaxin H. ويعتقد أنه **يمنع انقباض عضلات الرحم** أثناء الحمل ؛ كما يهيء الفراغ الكافي لنمو الجنين واتساع عظام الحوض عند الولادة ؛ ويساعد أيضاً على نمو الأثداء استعداداً لتكوين الحليب .

سابعاً : الغدة الصنوبرية : Pineal Gland

وهي غدة بيضاء صغيرة الحجم تزن ١ر٠ غم شكلها يشبه كوز الصنوبر وتبدو على هيئة نتوء في السطح العلوي للدماغ بين نصفي الكرة المخيين ، ويطلق عليها أحياناً

اسم الجسم الصنوبري Pineal Body . تتصف هذه الغدة بكثرة الأوعية الدموية المتصلة بها مما يدل على قيامها بنشاط فسيولوجي كبير لم يعرف بشكل دقيق حتى الآن؛ إلا أنّ بعض التقارير العلمية تشير إلى أنّ استئصال هذه الغدة يؤدي إلى تحول الحيوان الصغير إلى حيوان بالغ ، وهذا دعا بعض العلماء للافتراض بأنّ لهذه الغدة علاقة بإيقاف أو منع النضج الجنسي عن الحيوان بوقت مبكر . كما يعتقد العلماء أنّ جزءاً معيناً من هذه الغدة هو العين الثالثة في الحيوانات الفقارية القديمة تساعدها على (الابصار) . هذا وقد أثبتت بعض التجارب العلمية الحديثة حساسية هذا الجزء للضوء .
أما بالنسبة للافرازات الهرمونية فلم يمكن عزل أي هرمون من هذه الغدة إلا هرموناً واحداً يدعى هرمون الميلاتونين Melatonine وهو هرمون نشط في الحيوانات البرمائية وربما له علاقة باللون الخاص بها وبالتالي التخفّي عن الأنظار .

ثامناً : الغدة التيموسية : Thymus Gland

وهي غدة تقع في الصدر عن تفرع القصبة الهوائية إلى شعبتين فوق القلب . وتوجد الغدة في معظم الفقاريات عندما تكون صغيرة السن ثم لا تلبث أن تضمر تدريجياً بعد النضج الجنسي . ويعتقد أنّ هذه الغدة تفرز هرمونات (كالثيموسين) لها علاقة باكساب الجسم صفة المناعة . كما ذكر حديثاً أنّ الغدة مصدر للخلايا اللمفاوية التي تسبح مع تيار الدم وتستقر في الطحال والعقد اللمفاوية وتصبح مسؤولة عن إنتاج الأجسام المضادة الضرورية لمقاومة الأمراض .

تاسعاً : هرمونات القناة الهضمية : Gastrointestinal Hormones

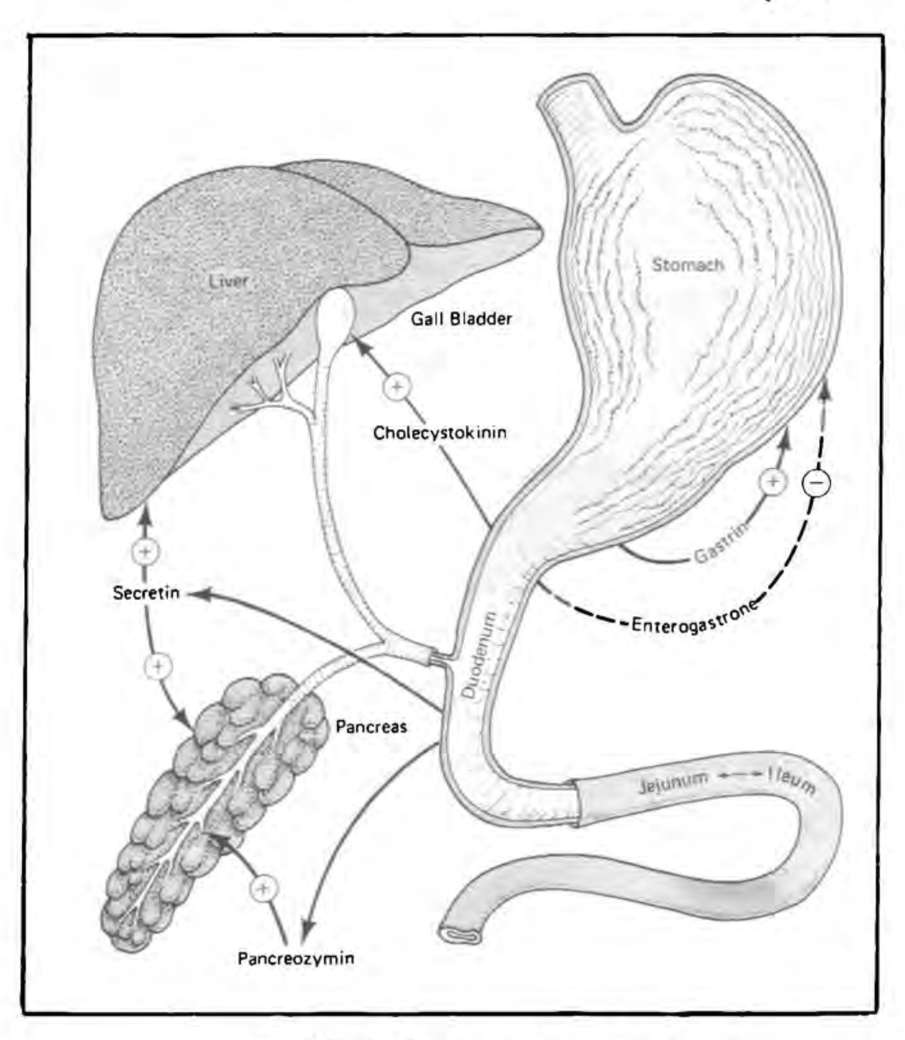
على الرغم أنّ أعضاء القناة الهضمية ليست غدداً صماء إلاّ أنها تفرز هرمونات بصورة متسلسلة مرتبة بشكل متناسق ، وأهم هذه الهرمونات (الشكل ٩-٤) هي :

١ - **هرمونات المعدة** : يفرز الجزء السفلي للمعدة هرموناً واحداً هو :

أ - هرمون الجاسترين .Gastrin H وجد أنّ مرور الطعام إلى المعدة ينشأ عنه إفراز هذا الهرمون في دم الشخص الذي بدوره ينبه الغدد المعدية لافراز عصارتها المعدية (الأنزيمات) خاصة حامض الهيدروكلوريك لهضم الغذاء . كما ينبه هذا الهرمون عضلات المعدة للتحرك. هذا ، ويلاحظ أنّ ميزة هذا الهرمون أنه يفرز من المعدة ليؤثر على المعدة نفسها لا على

عضو آخر كبقية معظم الهرمونات الأُخرى . ويتوقف إفرازه عندما يزداد تركيز حامض الهيدروكلوريك في المعدة عن حد معين .

٢ - **هرمونات الاثني عشر** : وجد أنّ ملامسة محتويات الكتلة الغذائية الآتية من المعدة وخاصة حامض الهيدروكلوريك والأحماض الدهنية لسطح الغشاء المخاطي المبطن للاثني عشر ينبه إفراز الهرمونات التالية (الشكل ٩-٤) :



الشكل (٩-٤) : هرمونات المعدة والاثني عشر

أ - هرمون السكرتين Secretin H. ويفرز بتأثير حموضة الطعام ويستجيب له البنكرياس بإفراز عصارة بنكرياسية غزيرة وغنية في بايكربونات الصوديوم وفقيرة في الأنزيمات ويرسلها إلى الأثني عشر لمعادلة حموضة الكتلة الغذائية .

ب - هرمون البنكريوزايمين Pancreozymin H. ويفرز بتنبيه من المواد الغذائية البروتينية الموجودة في الكتلة الغذائية ، ويسبب إفراز عصارة بنكرياسية غنية في الأنزيمات البنكرياسية الهاضمة .

جـ - هرمون الكولسيستوكينين Cholecystokinin H. ويفرز بتأثير المواد الدهنية الموجودة في الغذاء ، وتستجيب له الحوصلة المرارية لتصب محتوياتها في الاثني عشر.

د - هرمون الانتيروجاسترون Enterogastrone H. ويفرز بتأثير المواد الدهنية في الطعام ، ويعمل على وقف حركة المعدة كما يوقف افرازاتها أيضاً .

هـ - هرمون الديكوكرينين Duocrinin H. ويفرز بتأثير حموضة الطعام، وينبه جدران الاثني عشر نفسها لافراز انزيماته الهاضمة .

٣ - **هرمونات الأمعاء** : تفرز بطانة جدران منطقة الصائم من الأمعاء الدقيقة عدة هرمونات أهمها :

أ - هرمون الانتيروكرينين Enterocrinin H. ويفرز بتأثير نواتج الهضم الجزئي للبروتينات (الببتونات) الموجودة في الغذاء والذي بدوره ينبه جدران الأمعاء الدقيقة بأكملها لصب افرازاتها الهاضمة من أجل اتمام عملية هضم الغذاء .

عاشراً : هرمونات المشيمة : Placental Hormones

المشيمة عبارة عن تركيب مؤقت ، تتكون في جدار الرحم للمرأة الحامل وعن طريقها يتم انتشار الغذاء والأكسجين من الأم إلى الجنين أو العكس . وعلى الرغم أنّ

المشيمة ليست غدة صماء إلاّ أنّها تفرز الهرمونات التالية :

أ – هرمون الاستروجين .Estrogen H تفرز المشيمة كميات كبيرة من الاستروجين تعمل على تعزيز واتمام عمل هرمونات الاستروجينات المفرزة من المبيض في الأنثى ، كما تعمل أيضاً على إيجاد توازن مع هرمون البروجستيرون .

ب – هرمون البروجستيرون .Progesterone H يعمل على تعزيز واتمام عمل هرمون البروجستيرون المفرز من المبيض وذلك لاحكام استمرار عملية الحمل .

جـ – الهرمونات الكورونية .Chorionic Gonodotropin H وتعمل على تنشيط الجسم الأصفر للاستمرار في إفراز هرمون البروجستيرون الذي بدوره يمنع إفراز الهرمون المنشط للحوصلة FSH وبالتالي عدم نضوج حويصلة جراف جديدة طيلة فترة الحمل .

الفصل العاشر

الجهاز الدوري Circulatory system

الجهاز الدوري أو الجهاز الدموي في الانسان هو من **النوع المغلق** Closed Circulatory system أي أنّ الدم يسير في أوعية دموية (مغلقة) خاصة به ، وذلك عكس كثير من الحيوانات الأخرى التي تملك جهازاً دموياً **مفتوحاً** ؛ بمعنى أنّ الدم يسير في جزء من دورته داخل أوعية دموية ولكن هذه الأوعية مفتوحة يسيل منها الدم الى تجاويف الجسم كما في الحيوانات المفصلية الأرجل كالحشرات وغيرها .

يتركب الجهاز الدوري في الانسان من الأجزاء التالية :

أولاً : الدم The Blood

الدم سائل لزج أحمر اللون يملأ القلب والأوعية الدموية المتصلة به . وتبلغ كمية الدم في الجسم بمعدل ٧٠ مللتر/كغم وزن أو ١٣/١ من وزن الجسم تقريباً ؛ فالشخص الذي يزن ٧٠ كغم مثلاً يحتوي جسمه على حوالي ٥ لترات دم ؛ وهذا معدل طبيعي لحجم الدم في الجسم . وكمية الدم الموجودة في الجهاز الدوري نفسه تبلغ حوالي ٣/٢ الكمية الكلية الموجودة في الجسم كله ، بينما الثلث الباقي قد يخزن في الكبد والطحال ومناطق أخرى في الجسم . وللدم درجة حموضة PHحوالي ٤ر٧ ولزوجة تبلغ خمسة أضعاف لزوجة الماء ، وهو يعتبر نسيجاً وعائياً أو نسيجاً ضاماً حيث تشكل العناصر الخلوية حوالي ٤٥٪ من حجم الدم بينما البلازما تشكل حوالي

٥٥٪ من حجم الدم . ويقوم الدم بامداد جميع خلايا وأنسجة الجسم المختلفة بالأكسجين والغذاء ونقصهما عن الخلايا يسبب تلفها ؛ ويندفع الدم عادة إلى جمع أعضاء الجسم بواسطة عضلة القلب .

يتركب الدم من المكونات التالية :

١ – البلازما : Plasma

سائل مائي القوام لونه أصفر باهت تسبح فيه مكونات الدم الأخرى ؛ وهو يشكل ٥٥٪ من حجم الدم . هذا ويمكن الحصول على البلازما بفعل عملية الطرد المركزي لكمية أو عينة من الدم أوقف تخثرها بواسطة مادة عديدة التسكر تسمى الهبارين Heparin . والتركيب الكيماوي للبلازما كما يلي :

أ – **المـاء** : يشكل الماء الجزء الأكبر من بلازما الدم ، وتبلغ نسبته حوالي ٩٠٪؛ وهذا شيء مهم إذا ما علمنا أنّ الماء مذيب جيد لكثير من المواد والجزيئات الأخرى وبالتالي تجعله وسطاً فعالاً لنقل جزيئات المواد الغذائية المذابة وغيرها.

ب – **البروتينات** : تشكل البروتينات حوالي ٦–٨٪ من كتلة الدم ؛ وهي تقع في ثلاث مجموعات رئيسية هي : البيومين Albumin وجلوبيولين Glob-ulin ، وفيبرونيوجن Fibrinogen الذي له علاقة بتخثر الدم . وتعطي هذه البروتينات : قوة اسموزية معينة للدم ؛ وقد تمد الأنسجة المختلفة باحتياجاتها البروتينية خاصة عند تعرض الجسم لنقص مستمر في أحد البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية . كما تساهم (بروتينات الدم) أيضاً في تحديد لزوجة الدم حتى يحفظ ضغطه في حالة طبيعية . ونظراً لأنّ لها القدرة على الاتحاد بالقواعد والأحماض على السواء فإنّها تعمل على تعديل تركيز أيون الهيدروجين (PH) في الدم ؛ كما ترتبط بروتينات بلازما الدم ببعض الهرمونات أثناء سريانها في الدم فتمنع فاعلية هذه الهرمونات حتى تصل النسيج أو العضو موضع التأثير حيث ينفصل الهرمون عن البروتين المرتبط به.

جـ – **مواد كيماوية** أخرى بنسب مختلفة مثل : الجلوكوز والدهون وأملاح غير عضوية ، ومواد نيتروجينية كاليوريا ، ومركبات حيوية كالفيتامينات والانزيمات والهرمونات ، وأجسام مضادة وغازات ، وتشكل هذه المواد حوالي ٣٪ من كتلة البلازما .

٢ – **كرات (خلايا) الدم الحمراء** : Red Blood Cells (RBC) - Erythrocytes

وهي خلايا مستديرة مقعرة السطحين عديمة النواة (لاحظ الشكل ١٠–١) في الثدييات ما عدا الجمال ، وليس لها القدرة على الانقسام .

تتكون أثناء الحياة الجنينية في الطحال والكبد والعقد اللمفاوية . وبعد الولادة، تتكون في نخاع العظم ، ويبلغ حجمها حوالي ٥ر٧ ميكرون . وتتصف خلايا الدم الحمراء بالمرونة لذا يسهل ضغطها مما يساعد في مرورها في الشعيرات الدموية التي قطرها أقل من قطر خلايا الدم الحمراء ولو أنّ ذلك يسبب تمزقها ولذا نجد أنها تتحطم بنسبة عالية جداً تصل حوالي عشرة ملايين خلية في الثانية الواحدة ، ولهذا لا بد أن تتكون في نفس المعدل في نخاع العظم المسطح كالفقرات والقص والضلوع لتعويض فقدها المستمر . وهي تعيش بالمعدل حوالي ١٢٠ يوماً . أما عددها فيختلف ويتوقف على عوامل عدة منها : العمر والجنس والحالة الصحية والغذائية ، والمكان الذي يعيش فيه الانسان بالنسبة لارتفاعه أو انخفاضه عن سطح البحر . وفي المعدل ، تصل في الرجل حوالي ٤ر٥ مليون خلية وفي المرأة ٧ر٤ مليون خلية لكل مليلتر مكعب واحد من الدم (لماذا ؟) .

وبوجه عام ، تتركب **كرة الدم الحمراء** من المكونات التالية :

١ – ماء ، حوالي (٦٢ – ٧٢٪) .

٢ – مواد جافة ، حوالي (٣٥٪) ، ويشكّل **الهيموجلوبين منها** حوالي (٩٥٪)، والباقي (٥٪) عبارة عن المكونات التالية :

أ – بروتينات وبخاصة تلك الموجودة في غشاء الخلية .

ب – دهون كما في الفوسفولبيدات Phospholipids .

جـ – فيتامينات Vitamins .

د – جلوكوز لانتاج الطاقة .

هـ – أنزيمات مختلفة بما فيها أنزيمات الجلايكوله Glycolysis .

و – أملاح معدنية Minerals كما في : الفوسفور والكبريت والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكلور .

وبشكل محدّد ، تحتوي كرات الدم الحمراء على مادة بروتينيّة مهمة جداً في الحياة تُسمى **الهيموجلوبين** Hemoglobin ، وهو (الهيموجلوبين) ، كما تدل التسمية، عبارة عن بروتين معقد ، كل جزيء مكون من (٥٪) **هيم** Heme – هو مركب يحتوي على عنصر **الحديد** Fe الذي يعطي الدم اللون الأحمر ؛ وكل جزيء هيموجلوبين يحتوي على أربع وحدات (سلاسل) متشابهة تقريباً من الهيم ، كل منه قادر بل شديد العشق للاتحاد بالاكسجين (والتخلي عنه فيما بعد) ، وبالتالي فإنّ كل جزيء هيموجلبين يحمل أربعة جزيئات من الأكسجين عندما يكون مكتمل الحمولة . كما يتكون الهيموجلوبين من مادة : **الجلوبين** بنسبة (٩٥٪) ، وهو بروتين لا لون له .

ومما يجدر ذكره بوجه عام ، أنّ الانسان البالغ – الذي وزنه حوالي ٦٠ كغم – يحوي جسمه ما يقارب من ٣–٤ غرامات حديد منها ٦٥٪ في الدم موجودة في الهيموجلوبين . والحديد المتكون نتيجة تحطم كرات الدم الحمراء يحتفظ به الجسم في الكبد أو الطحال ليعاد استخدامه مرة أخرى . أما بقية الهيموجلوبين فيتحول إلى صبغ يفرزه الكبد مع الصفراء ويخزن عادة في الحوصلة الصفراوية . وإذا حدث نقص في بناء مادة الهيموجلوبين في الانسان كنقص في عنصر الحديد مثلاً بينما استمر انتاج خلايا الدم الحمراء ، فإنّه ينتج عن ذلك نقص في كمية الهيموجلوبين التي تحتويه كرات الدم الحمراء ؛ وعليه تصبح كمية الهيموجلوبين غير كافية لحمل الأكسجين كما يجب، وهذا يؤدي إلى ما يعرف بضعف أو فقر الدم Anemia . ولهذا لا بُد من تناول مواد غذائية تحتوي على عنصر الحديد لمعالجة هذه الحالة ، والاناث أكثر عرضة لنقص الحديد وبالتالي فقر الدم وذلك بسبب فقد كمية كبيرة منه أثناء عملية الحيض أو الحمل والولادة .

٣ – كرات (خلايا) الدم البيضاء White Blood Cells (WBC)- Leucocytes

وهي خلايا عديمة اللون تختلف عن خلايا الدم الحمراء من حيث : إنّها أكبر

حجماً (٩–٢٥ ميكرون) ، وتحتوي على نواة أحادية أو مجزأة وبالتالي لها القدرة على الانقسام ؛ ولها القدرة أيضاً على الحركة الذاتية فهي تتحرك حركة أميبية وتنتقل من مكان إلى آخر على عكس خلايا الدم الحمراء التي تنساب وتسبح في بلازما الدم ، لكنها أقل عدداً من نظيراتها كرات الدم الحمراء ؛ وهناك خلية دم بيضاء واحدة لكل ألف خلية دم حمراء (١:١٠٠٠) بوجه عام . وبالرغم أنّ عددها في الدم يختلف ، لكن المعدل الطبيعي لها يصل حوالي ٧٠٠٠ خلية في كل مليلتر مكعب واحد من الدم؛ ويزداد عددها في الحالات المرضية أو إصابة الجسم بميكروبات جرثومية . هذا ، وتبقى خلايا الدم البيضاء في الدم حوالي ٣–٤ أيام لكن عمرها قد يصل إلى عام كامل إذ إنّها تترك مجرى الدم في أعداد كبيرة خلال جدر الأوعية الشعرية للأنسجة ، ولذا يعتقد أنها تبقى هذه المدة القصيرة في الدم وتغادره لمحاربة الميكروبات الجرثومية .

تتكون خلايا الدم البيضاء في نخاع العظم والعقد اللمفاوية ؛ وبالرغم من وجود أنواع وأشكال مختلفة منها إلاّ أنها تؤدي وظيفة دفاعية ومناعة للجسم من الميكروبات ، فهي تكّون ما يُعرف بالأجسام المضادة Antibodies التي تلتصق بالأجسام الغريبة المسببة للمرض وتبطل عملها . كما أنّ للخلايا القدرة على التهام الميكروبات الجرثومية خاصة وأنها تتحرك وتتجول في الدم وتنتقل بسرعة إلى أماكن الإصابة حيث الأجسام الغريبة أو الميكروبات الجرثومية سواء كانت بكتيريا أو فيروسات أو غيرها .

تقسم الكرات الدموية البيضاء إلى **طرازين أساسين** هما (لاحظ الشكل ١٠–١) :

أ – **الكرات البيضاء اللامحببة** Agranulocytes ويمتاز السيتوبلازم فيها ، كما يدل الأسم ، بخلوه من الحبيبات ، وهي تشمل الكرات الدموية البيضاء التالية :

١ – الكرات اللمفية Lymphocytes وتشكل حوالي ٢٠–٢٥٪ من خلايا الدم البيضاء ، ولها نواة كبيرة نسبياً ، ولها القدرة على تكوين أجسام مضادة في الجسم ضد الميكروبات الجرثومية والأجسام الغريبة .

٢ – الكرات الكبيرة Monocytes or Macrocytes وتشكل حوالي ٣–٧٪ من خلايا الدم البيضاء . وهي أكبر خلايا الدم البيضاء حجماً ، لها نواة كبيرة الحجم تملأ معظم الخلية وتظهر كلوية الشكل أو على شكل حذاء الفرس أحياناً ، وللخلايا القدرة على التهام الأجسام الغريبة أو الميكروبات .

ب – **الكرات البيضاء المحببة** Granulocytes ويمتاز السيتوبلازم فيها باحتوائه على حبيبات لها القدرة على امتصاص أصباغ كيماوية معينة تختلف من نوع لآخر، وهي تشمل الكرات الدموية البيضاء التالية :

الشكل (١٠ ـ ١) : كرات الدم الحمراء و والصفيحات الدموية

١ – الكرات قابلات القاعدة Basophils وتشكل نسبة ضئيلة من خلايا الدم البيضاء حوالي ٠٫٥٪ ، ولها نواة كبيرة غير منتظمة والسيتوبلازم مملؤ بالحبيبات التي يعتقد العلماء أنها عبارة عن تجمعات من الانزيمات الهاضمة أو الليسوسومات ؛ وللحبيبات القدرة على التلون بالأصباغ القاعدية فتبدو زرقاء اللون . وبالرغم أنّ وظيفتها ليست معروفة تماماً إلاّ أنه لوحظ أنّ عددها يزداد عندما يتعرض الجسم للاصابة بالعدوى أو الالتهابات المرضية من حين لآخر مما جعل بعض العلماء يقترح أنّ لها القدرة على مغادرة مجرى الدم والتهام

الأجسام الغريبة وبالتالي ابطال مفعولها .

٢ – الكرات الحامضية (قابلات الايوسين) Eosinophils وتشكل حوالي ٢–٤٪ من خلال الدم البيضاء ؛ لها نواة رفيعة في الوسط ومنتفخة من طرفيها . أما السيتوبلازم فهو كالكريات القاعدية مملؤ بالحبيبات التي تتلون بالأصباغ الحامضية فتبدو عندها حمراء اللون . هذا ويقترح بعض العلماء أنّها تشكل مناعة للجسم من شر بعض الطفيليات وبخاصة الديدان الطفيلية .

٣ – الكرات المتعادلة Neutrophils وتشكل حوالي ٦٠–٧٥٪ من خلايا الدم البيضاء ، وتتميز بامتلاكها نواة مجزأة أو مقسمة إلى ٣–٤ أقسام ؛ وتحمي الجسم عادة من غزو البكتيريا .

بناء على ما تقدم ذكره ، حاول أن تستنتج الفروق بين كرات الدم الحمراء وكرات الدم البيضاء من حيث : التركيب ، والوظيفة ، والحركة ، والحجم ، والعمر ، واللون ، والنسب ، والأنواع ... الخ .

٤ – الصفيحات الدموية Blood Platelets - Thrombocytes

وهي جسيمات صغيرة جداً غير خلوية لعدم وجود نواة في جميع مراحل تكوينها . يبلغ قطرها حوالي ٢–٤ ميكرون أي ما يعادل نصف قطر خلايا الدم الحمراء؛ ويبلغ عددها في المعدل الطبيعي حوالي ٣٠٠ر٠٠٠ صفيحة دموية في كل مليلتر مكعب واحد من الدم . وهي تنشأ من خلايا خاصة تعرف بالخلايا العملاقة في نخاع العظم Megakaryocytes التي يصل قطرها ٢٠–٣٠ ميكرون . أما وظيفتها ، فلها علاقة قوية في عملية تجلط أو تخثر الدم أثناء الجروح أو النزيف . وهي تتجدد باستمرار حيث يصل عمرها حوالي عشرة أيام .

وبوجه عام ، ولإعطاء فكرة عامة عن كيميائية الدم العادي ، يبيّن الجدول (١٠–١) تركيب الدم (العادي) لكل ١٠٠ مللتر دم بوجه عام .

جدول (١٠ - ١)
التركيب الكيميائي للدم العادي لكل ١٠٠ مللتر دم

المـــــــادة	القيمة العادية / ١٠٠ مل دم
- مجموع البروتين	٦ - ٥ر٧ غم
ألبيومين	٥ر٣ - ٥ر٥ غم
جلوبيولين	٥ر٢ - ٠ر٣ غم
فيبرونيوجن	٢٥ر٠ - ٥ر٠ غم
- نيتروجين غير بروتيني (يوريا ، أحماض أمينية ، كريتينين ، حامض يوريك)	٢٥ - ٣٨ ملغم
- جلوكوز	٧٠ - ١٢٠ ملغم
- مجموع الدهون	٤٠٠ - ١٠٠٠ ملغم
- الأملاح المعدنية	
صوديوم	٣١٥ - ٣٤٠ ملغم
بوتاسيوم	١٤ - ٢٠ ملغم
كالسيوم	٩ - ١١ ملغم
فسفور	٣٥ - ٤٥ ملغم
كلورايد	٣٥٥ - ٣٧٦ ملغم

ثانياً : القلب : The Heart

عضو عضلي مجوف كمثري الشكل وبحجم قبضة اليد ، يقع بين الرئتين داخل التجويف الصدري ويميل قليلاً إلى الجهة اليسرى من التجويف الصدري . يتألف من عدد كبير من الألياف العضلية المتخصصة ، وألياف عضلاته متفرعة قصيرة مخططة طولياً وغير منفصلة بينها اتصال سيتوبلازمي يجعلها تعمل كوحدة واحدة . وعضلة القلب عضلة لا إرادية لها القدرة على الانقباض والارتخاء ذاتياً . ولهذا نجد القلب ينبض حتى بعد إزالته من الجسم إذا ما وضع في محلول غذائي مناسب . كما أنّ القلب يبدأ بالنبض في التطور الجنيني قبل تكوّن نهايات الأعصاب ، ولذلك لا يحتاج إلى تأثير الدماغ إذ إنّ عمل العضلة مستقلة عن الجهاز العصبي ولا تستجيب للاشارات العصبية إلا لتنظيم وتعديل دقات القلب حسب الحاجة .

تبدأ حركة القلب من منطقة خاصة في الأذين الأيمن عند عقدة عصبية أذينية تُسمى العقدة البهوية أو ضابط الايقاع Sinoatrial Node (Pacemaker) وينتج عن توالي عمليات الانقباض والارتخاء لعضلة القلب وما يتبعها من مرور الدم في الأوعية الدموية ما يعرف بالنبض Pulse . هذا ، ويمكن ملاحظة نبضات القلب بسهولة في الانسان في منطقة الشرايين الموجودة في الأطراف القريبة من سطح الجسم ؛ ولذلك غالباً ما يقاس نبض الانسان عند منطقة الرسغ . وبالرغم أنّ سرعة النبض تختلف : حسب العمر (في الأطفال أكثر من الشباب والشيوخ) ، والجنس (في الاناث أكثر) ، والنشاط (يزداد بازدياد المجهود) وكذلك عند ارتفاع درجة حرارة الجسم ، إلاّ أنه يمكن القول بأنّ المعدل الطبيعي لنبضات القلب في الشخص العادي (الطبيعي) عند الراحة تتراوح بين (٦٥–٧٥) نبضة (دقة) في الدقيقة ؛ ويصل ما يضخه القلب من الدم حوالي (٧٥٠٠) لتر يومياً . وكدراسة مقارنة ، يوضح الجدول (١٠–٢) معدّل ضربات (دقات) القلب في الدقيقة عند حيوانات فقارية مختارة (لاحظ نوع الحيوان وحجمه ونشاطه) .

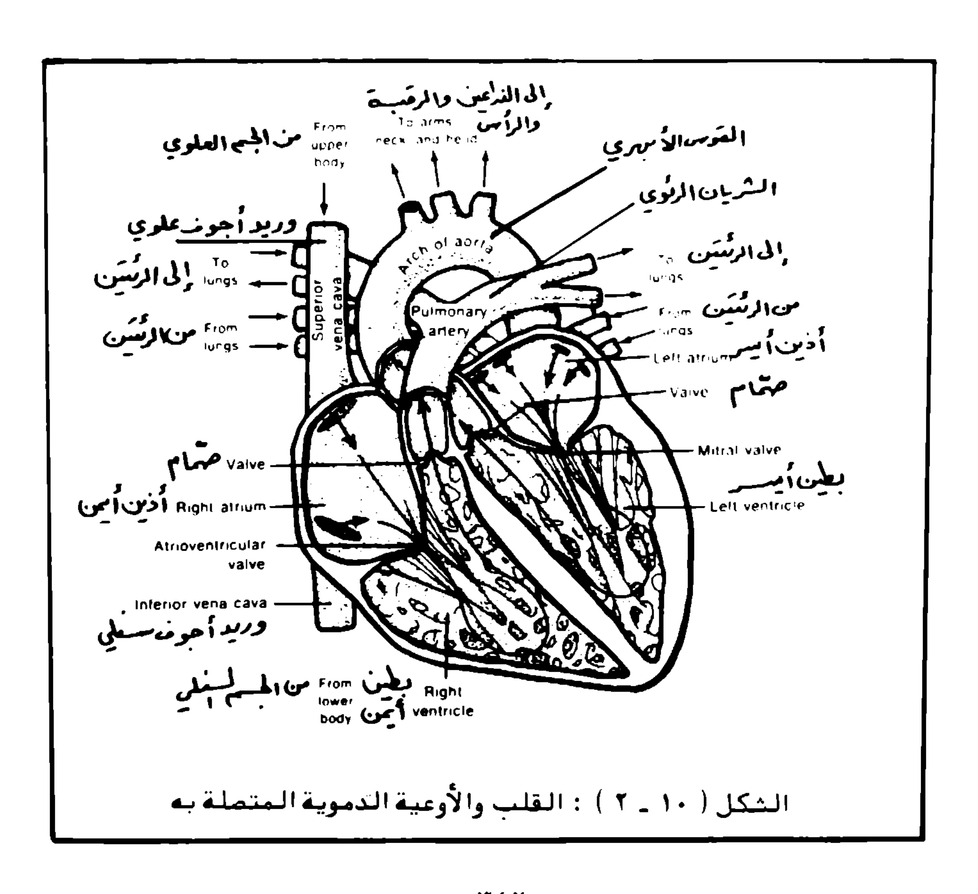
جدول (١٠ – ٢)

نبضات (دقات) القلب في الدقيقة عند بعض الحيوانات المختارة

اسم الحيوان	معدّل نبضات القلب / الدقيقة
الانسان (ثدييات)	٦٥–٧٥
الجمل	٢٥–٣٠
الحصان	٣٢–٤٤
البقرة	٦٠–٧٠
الماعز والأغنام	٧٠–٨٠
الخنازير	٦٠–٨٠
الأرانب	١١٠–١٥٠
الفأر	٥٠٠–١٠٠٠
الدواجن (طيور)	٢٠٠–٤٠٠
العصافير (طيور)	٧٠٠–١٠٠٠

يغطي القلب كيس غشائي يسمى التامور Pericardium ، يتكون من طبقة خارجية ذات نسيج ليفي وطبقة داخلية مصلية تحيط بالقلب وتعمل على وقايته وحمايته من الصدمات والاحتكاكات الخارجية . ويتركب القلب (الشكل ١٠ – ٢) من أربع حجرات Four Chambers هي :

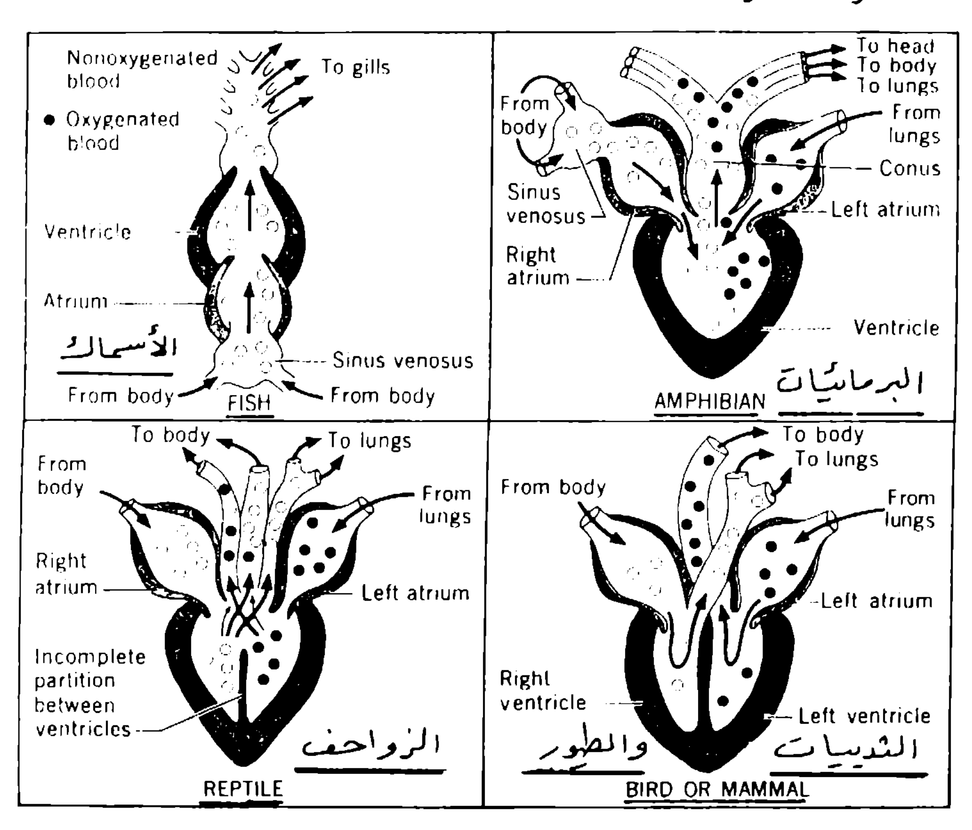
١ – **أذينين** Atria أحدهما أذين أيمن Right Atrium والآخر أذين أيسر Left Atrium ، وتتصل بكل أذين زائدة أذينية الشكل ومن هنا يطلق عليه أحياناً اسم Auricle بدلاً من Atrium ، ولا يوجد اتصال مباشر بين الأذين الأيمن والأذين الأيسر إلاّ في الحالة الجنينية حيث توجد فتحة صغيرة بينهما تسمى الكوة البيضية Foramen Ovale ولهذا يكون الدم مختلطاً في الجنين لكن لا تلبث هذه الفتحة أن تغلق بعد الولادة .



الشكل (١٠ ـ ٢) : القلب والأوعية الدموية المتصلة به

٢ - **بطينين** Ventricles أحدهما أيمن Right Ventricle والآخر أيسر Left Ventricle ولا يوجد اتصال مباشر بين البطين الأيمن والبطين الأيسر ، لكن يتصل الأذين الأيمن بالبطين الأيمن بصمام ذي ثلاث شرفات غشائية Tricuspid Valve . كما يتصل الأذين الأيسر بالبطين الأيسر بصمام ذي شرفتين Bicuspid Valve ؛ ووظيفة هذه الصمامات أنها تسمح فقط بمرور الدم في اتجاه واحد أي من الأذين إلى البطين وليس العكس (لاحظ اتجاه الأسهم في الشكل ١٠-٢) . والأذينان أصغر من البطينين وموجدان فوق البطينين .

وكدراسة مقارنة لحجرات القلب في الحيوانات الحبلّية ، يتبيّن أنّ القلب يتكون من (٢-٤) حجرات حسب المجموعة (أو الصف) الذي ينتمي إليه الحيوان . والشكل (١٠-٣) يوضح حجرات القلب في الحبليات الفقارية - الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات ؛ ماذا يترتب على اختلاف عدد حجرات القلب في هذه الحيوانات ؟ قارن ذلك بالانسان .



الشكل (١٠ - ٣) القلب وحجراته في الحيوانات الفقارية

ثالثاً : الأوعية الدموية : Blood Vessles

بما أن القلب يعمل على ضخ الدم إلى جميع خلايا وأنسجة وأعضاء الجسم المختلفة، إذن لا بد من وجود قنوات أو أوعية دموية خاصة تتصل بالقلب لتؤدي هذه الوظيفة . هذه الأوعية تسمى بالأوعية الدموية ، وهي (انظر الشكل ١٠-٤) كما يلي:

١ - **الشرايين** Arteries ، يعرف الشريان بأنه أي وعاء دموي يحمل الدم خارج القلب بغض النظر عن نوع الدم الذي يحمله سواء كان مؤكسداً أو غير مؤكسد . ولهذا يقع عدد كبير من (الطلبة) في خطأ علمي إذا ما اعتقدوا أن الشرايين تحمل الدم المؤكسد فقط ؛ فالشرايين الرئوية مثلاً تحمل دماً مؤكسداً . والشريان وعاء دموي سميك صلب ومرن في نفس الوقت ، يتركب جداره من ثلاث طبقات (الشكل ١٠-٤-أ) هي :

أ - طبقة خارجية Tunica Externa - outer coat تتكون من نسيج ضام تحتوي على ألياف كثيرة مرنة .

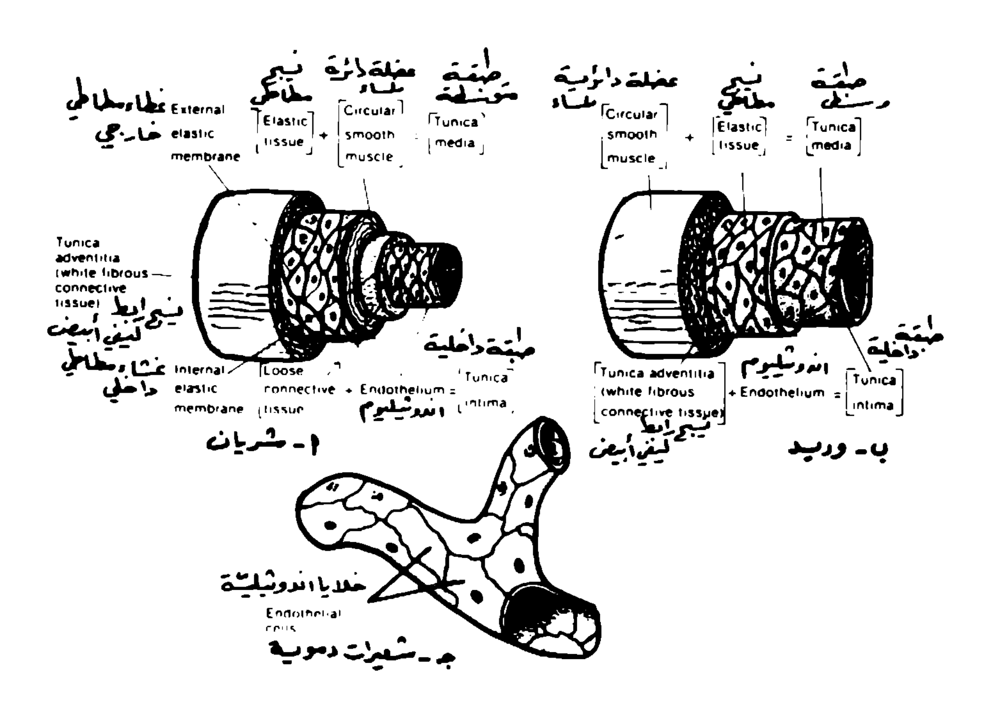
ب - طبقة متوسطةTunica Media - Midle Coat تتكون من ألياف عضلية غير إرادية يتحكم انقباضها وانبساطها في حجم التجويف الداخلي للشريان وبالتالي في كمية الدم التي تمر فيه .

جـ - طبقة داخلية Tunica Intima - Inner Coat تتكون من صف واحد من الخلايا الطلائية الرقيقة من النوع النسيج الطلائي (الابثيلي) البسيط . وتكون جدر الشرايين مزودة بأعصاب تعمل على ضبط انقباض أو انبساط الشرايين وهذا أمر مهم في عملية تنظيم ضغط الدم .

٢ - **الأوردة** Veins ، يعرف الوريد بأنه أي وعاء دموي يحمل الدم من الجسم إلى القلب بغض النظر عن نوع الدم الذي يحمله سواء كان مؤكسداً أو غير مؤكسد . والوريد أقل سمكاً وصلابة ومرونة من الشريان ، وذلك لأن الألياف المرنة في جدر الأوردة أقل من نظيرتها في الشريان . ويتركب جداره من نفس الطبقات الثلاث التي يتركب منها الشريان وهي : طبقة خارجية وطبقة متوسطة وطبقة داخلية . والوريد يبدو منطوياً على نفسه فيما إذا فرغ من الدم على عكس الشريان الذي يبقى كما هو

حتى بعد تفريغه من الدم . والجدير بالذكر هنا ، أنّ الأوردة الكبيرة كالموجودة في الأطراف الخلفية تكون مجهزة بصمامات تبرز من جدرها الداخلية وعلى مسافات منتظمة وأطرافها الحرة تكون باتجاه القلب فتمنع بذلك ارتداد الدم في الاتجاه المعاكس (الشكل ١٠-٤-ب) .

٣ - **الشعيرات الدموية** Blood Capillaries ، وهي عبارة عن قنوات دموية دقيقة جداً تصل الشرايين الدقيقة Arterioles والأوردة الدقيقة Venules . ويتكون جدرها من نسيج طلائي بسيط مكون من طبقة خلوية واحدة Endothelium مكونة من صف واحد من الخلايا الطلائية الرقيقة وهي تقابل الطبقة الداخليــة الثالثة في كـل من



الشكل (١٠-٤) الأوعية الدوموية أ - الشرايين . ب - الأوردة جـ - الشعيرات الدموية

الشرايين والأوردة (الشكل ١٠ - ٤ - جـ). وتعتبر الشعيرات الدموية مفتاح الجهاز الدوري الدموي في الانسان من حيث إنّها تمتاز بصفة النفاذية التي تسبب سهولة انتشار الغذاء والفضلات بين الدم داخل الشعيرات الدموية وبين السائل المحيط بخلايا

الجسم .

هذا ، وقد أمكن تقدير مجموع أطوال هذه الشعيرات في الانسان البالغ بما يزيد على ٠٠٠ر٨٠ كيلو متر تقريباً .

وبوجه عام ، يمكن **تقسيم الأوعية الدموية الرئيسية** إلى قسمين هما :

١ – الجهاز الشرياني .

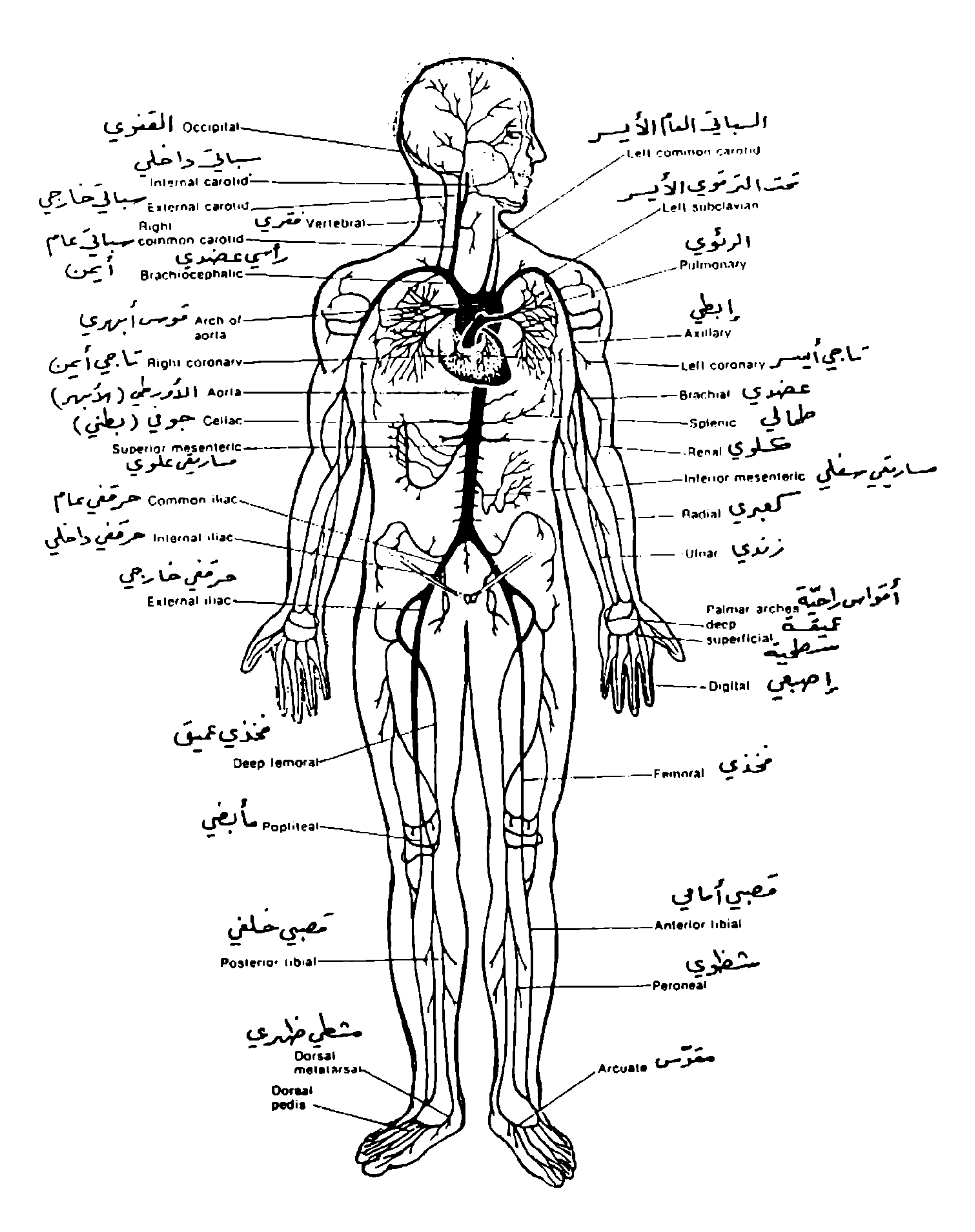
٢ – الجهاز الوريدي .

أولاً : الجهاز الشرياني Arterial System

ويضم جميع الشرايين التي تصدر من القلب حاملة الدم منه (بغض النظر عن نوعه) إلى أجزاء الجسم . وهذه الشرايين (لاحظ الشكل ١٠-٥) هي :

١ – **الشريان الرئوي** : Pulmonary Artery يخرج الشريان الرئوي من البطين الأيمن حاملاً دماً غيرمؤكسد إلى الرئتين (لاحظ التسمية) حيث يتفرع إلى فرعين : أحدهما يتجه إلى الرئة اليمنى ويسمى بالشريان الرئوي الأيمن والثاني يتجه إلى الرئة اليسرى ويسمى بالشريان الرئوي الأيسر ، وذلك لتنقية الدم وأكسدته بالرئتين .

٢ – **الشريان الأبهر (الأورطي)** Aorta يخرج الشريان الأورطي من البطين الأيسر حاملاً دماً مؤكسداً إلى جميع أجزاء الجسم . وبعد خروجه من البطين الأيسر وقبل تقوسه ، يتفرع منه أولاً الشريان التاجي Coronary Artery الذي لا يلبث أن يتفرع إلى فرعين أيمن وأيسر ليكون ما يعرف بالشريان التاجي الأيمن RCA والشريان التاجي الأيسر LCA ويسيران على سطح القلب لتغذيته . والجدير بالذكر أنّ تصلب أو انسداد هذه الشرايين يسبب الاصابة بنوبة قلبية يتعرض فيها الانسان لخطر الموت وربما تظهر عليه أعراض الذبحة الصدرية Angina Pectoris إذا كانت الشرايين التاجية مسدودة جزئياً ؛ وإن زادت حدة التجلط فأصبحت حاجزاً أو عقبة أكثر في سير الدم المؤكسد للقلب فإنّه ربما ينجم عن ذلك الموت . والتفرع الآخر للأورطي هو تقوسه إلى اليسار (عكس الطيور) مكوناً ما يعرف بالقوس الأبهري Aortic Arch الذي يخرج منه عدة شرايين إلى الأمام والجانبين لضمان تزويد منطقة الجسم هذه بالغذاء والأكسجين . ومن الشرايين التي تخرج من القوس الأبهري ما يلي :



الشكل (١٠-٥) : الشرايين الرئيسية

١ – **الشريان عديم الاسم** .Innominate a ويتفرع إلى فرعين :

أ – الشريان تحت الترقوي الأيمن .Right Subclavin a ويزود الطرف الأمامي الأيمن بالدم المؤكسد والغذاء .

ب – الشريان السباتي العام الأيمن Right Common Carotid ، ويجري على الجانب الأيمن للعنق ويغذي الأجزاء اليمنى من الرأس والدماغ بالدم المؤكسد والغذاء .

٢ – **الشريان السباتي العام الأيسر** Left Common Carotid ، ويخرج من القوس الأبهري مباشرة ويجري على الجانب الأيسر من العنق ويغذي الأجزاء اليسرى من الرأس والدماغ .

٣ – **الشريان تحت الترقوي الأيسر** .Left Subclavin a ، ويخرج من القوس الأبهري مباشرة ويزود الطرف الأمامي بالدم المؤكسد والغذاء .

أما القوس الأبهري نفسه ، فلا يلبث أن ينحرف بعد ذلك إلى اليسار وإلى الخلف مكوناً ما يعرف بالشريان الأورطي الظهري Dorsal aorta الذي يسير بمحاذاة الظهر نحو الخلف حاملاً الدم المؤكسد (المؤكسج) لتغذية الجزء الخلفي من الجسم . وهو يعتبر الشريان الرئيسي في الجهاز الدوري ، وتتفرع منه عدة شرايين مرتبة من أعلى إلى أسفل وباتجاه سريان الدم كما يلي :

١ – **الشريان البطني** Celiac Artery ويطلق على جزء الشريان الأورطي الظهري عند وصوله منطقة البطن بعد أن يتجاوز منطقة الحجاب الحاجز حيث يتفرع إلى ثلاثة شرايين أصغر هي :

أ – شريان يغذي المعدة ويسمى شريان المعدة .Gastric a.

ب – شريان يغذي الطحال ويسمى شريان الطحال .Splenic a .

جـ – شريان يغذي الكبد ويسمى شريان الكبد .Hepatic a .

٢ – الشريان المساريقي العلوي .Superior Mesenteric a ويذهب إلى الجزء العلوي من الأمعاء لتزويدها بالغذاء والدم المؤكسد .

٣ – الشريان الكلوي الأيسر .Left Renal a ، ويتجه نحو الكلية اليسرى لتزويدها بالأكسجين والغذاء .

٤ – الشريان الكلوي الأيمن .Right Renal a ، ويتجه نحو الكلية اليمنى لتزويدها بالأكسجين والغذاء .

٥ – الشريان المساريقي السفلي .Inferior Mesentric a ، ويذهب إلى الجزء الخلفي السفلي من الأمعاء لتغذيتها وتزويدها بالأكسجين .

٦ – **الشريان الحرقفي** lliac artery عند نهاية المنطقة البطنية ، ينقسم الأورطي الظهري إلى شريانين كبيرين يتجه كل منهما إلى أحد الفخذين ليغذي الطرف الخلفي وهما :

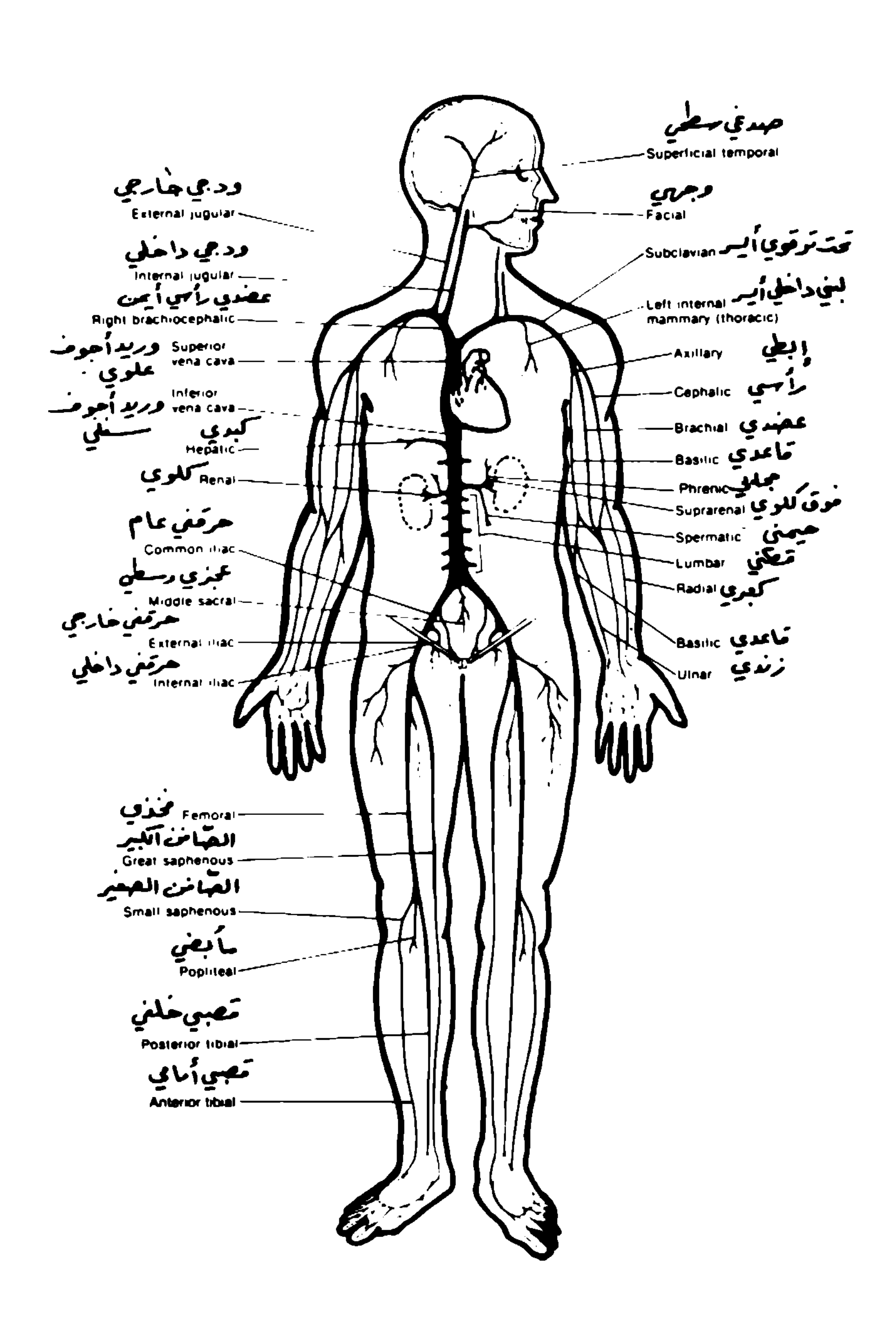
أ – الشريان الحرقفي العام الأيسر .Left Common lliac a وهو شريان كبير رئيسي ينتج من تفرع الشريان الأورطي الظهري ، ويتجه نحو الطرف الخلفي لتغذية الفخذ اليسرى . كما يتفرع منه شرايين أصغر فأصغر لضمان تزويد هذه المنطقة من الجسم بالغذاء والأكسجين .

ب – الشريان الحرقفي العام الأيمن .Right Common lliac a وهو شريان كبير رئيسي ويمثل الفرع الآخر للشريان الأورطي الظهري ، ويتجه هذا الشريان إلى الفخذ اليمنى ليقوم بتزويد الطرف الخلفي الأيمن بالغذاء والأكسجين ويتفرع منه شرايين أصغر لضمان تغذية جميع منطقة الجسم .

ثانياً : الجهاز الوريدي Venous System

ويضم جميع الأوردة التي تتجه نحو القلب حاملة الدم بغض النظر عن نوعه سواء كان دماً مؤكسداً أو غير مؤكسد . وجسم الانسان يحتوي على أوردة دموية كثيرة تناظر عادة الشرايين في الجهاز الشرياني . وتضم الأوردة الرئيسية ما يلي (ادرس الشكل ١٠ – ٦) :

١ – **الأوردة الرئوية** Pulmonary Veins وعددها أربعة فروع ، اثنان يصدران من الرئة اليمنى والآخران يصدران من الرئة اليسرى . وتحمل (الأوردة الرئوية) الدم المؤكسد من الرئتين باتجاه القلب حيث تتحد معاً في وريد رئوي واحد يصب في الأذين الأيسر .



الشكل (١٠ – ٦) : الأوردة الرئيسية

٢ - **الوريد الأجوف العلوي** Superior Vena Cava (Precaval V.)
يجلب الدم غير المؤكسد من الجزء العلوي الأمامي للجسم ويصبه في الأذين الأيمن ، وينتج هذا الوريد من التقاء عدة أوردة هي :

أ - الوريد الودجي الأيمن Right Jugular V. والوريد الودجي الأيسر L.J.V. ويجلبان الدم غير المؤكسد من الرأس والدماغ ويصبانه في الوريد الأجوف العلوي .

ب - الوريد تحت الترقوي الأيمن Right Subclavin V. والوريد تحت الترقوي الأيسر L.S.V ، ويجلبان الدم غير المؤكسد من الطرف الأمامي الأيمن والأيسر على الترتيب ويصبانه في الوريد الأجوف العلوي .

٣ - **الوريد الأجوف السفلي** Inferior Vena Cava (Postcaval V.) يجلب الدم غير المؤكسد من الأطراف الخلفية والجذع ويصبه في الأذين الأيمن ، وهو ينتج من التقاء عدة أوردة هي :

١) الوريدين الحرقفيين Iliac Veins وهما :

أ - الوريد الحرقفي العام الأيمن R.C.I.V. ويجلب الدم غير المؤكسد من الطرف الخلفي (الفخذ اليمنى) ويصبه في الوريد الأجوف السفلى .

ب - الوريد الحرقفي العام الأيسر L.C.I.V. ويجلب الدم غير المؤكسد من الطرف الخلفي (الفخذ اليسرى) ويصبه في الوريد الأجوف السفلى.

٢) الأوردة الكلوية RENAL VEINS وهما :

أ - الوريد الكلوي الأيمن R.R.V .

ب - الوريد الكلوي الأيسر L.R.V ويجمعان الدم غير المؤكسد من الكليتين ويصبانه في الوريد الأجوف السفلي ومنه إلى الأذين الأيمن .

٣) الأوردة الكبدية HEPATIC VEINS وتجمع الدم غير المؤكسد من الكبد وتفرغه في الوريد الأجوف السفلي فالأذين الأيمن .

الدورة الدموية : Blood Circulation

بعد معرفة الجهاز الشرياني والوريدي وعملهما في الجهاز الدوري للانسان، يمكننا الآن تتبع دورة الدم في الجسم . تقسم الدورة الدموية باختصار إلى دورتين هما:

١ – الدورة **الدموية الصغرى** : والهدف منها هو أكسدة الدم وتخليصه من الفضلات الغازية . وتبدأ هذه الدورة بحمل الدم غير المؤكسد بواسطة الشرايين الرئوية من البطين الأيمن إلى الرئتين حتى يتم تأكسده هناك ثم نقل الدم المؤكسد بواسطة الأوردة الرئوية وصبه في الأذين الأيسر .

٢ – الدورة **الدموية الكبرى** : والهدف منها هو دفع الدم المؤكسد (المؤكسج) إلى جميع خلايا وأنسجة وأعضاء الجسم المختلفة . وتبدأ بضخ الدم المؤكسد من البطين الأيسر عبر القوس الأبهري الذي لا يلبث أن يتجه ويتفرع إلى فرعين أساسيين : الأول يتجه نحو الجزء الأمامي للجسم لتغذيته والثاني يتجه نحو الخلف مكوناً ما يعرف بالأورطي الظهري لتغذية الأعضاء الداخلية والخلفية للجسم ؛ والشكل (١٠–٧) يوضح باختصار الدورة الدموية بنوعيها في جسم الانسان (لاحظ اتجاه الأسهم) كما يلي :

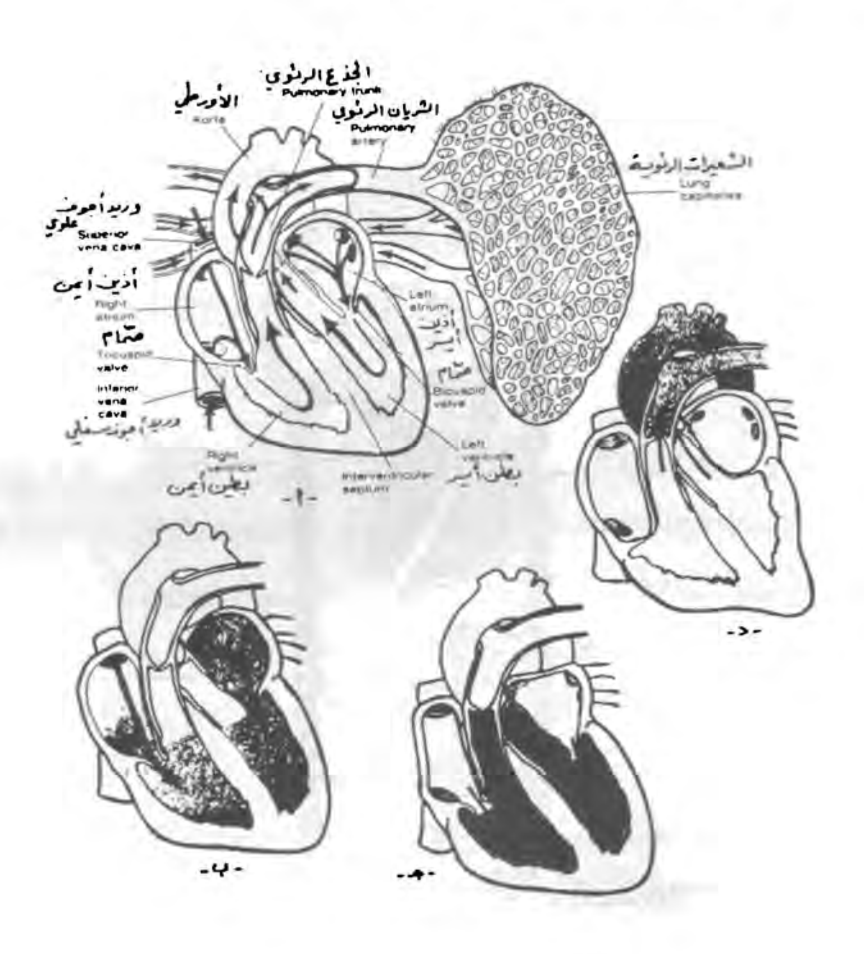
١ – يتجمع الدم غير المؤكسد (غير المؤكسج) Unoxygenated Blood بواسطة الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي وتفرعاتهما ويصبانه في الأذين الأيمن .

٢ – يتجمع الدم المؤكسد (المؤكسج) Oxygenated Blood بواسطة الأوردة الرئوية ويصب في الأذين الأيسر .

٣ – ينقبض الأذينان معاً عند امتلائهما بالدم ، فيندفع الدم غير المؤكسد من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن ؛ ويندفع الدم المؤكسد من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر ؛ وهكذا يمتلىء البطين الأيسر بالدم المؤكسد (الشكل ١٠–٧) وتمنع صمامات القلب رجوع الدم بالاتجاه المعاكس ؛ بينما يمتلئ البطين الأيمن بالدم غير المؤكسد .

٤ – ينقبض البطينان معاً عند امتلائهما بالدم ، فيندفع الدم المؤكسد من البطين الأيسر بواسطة القوس الأبهري الذي لا يلبث أن يسير في اتجاهين متضادين بوجه عام ، الأول يتجه نحو الجزء الأمامي للجسم ليغذي الأطراف الأمامية والرأس والدماغ

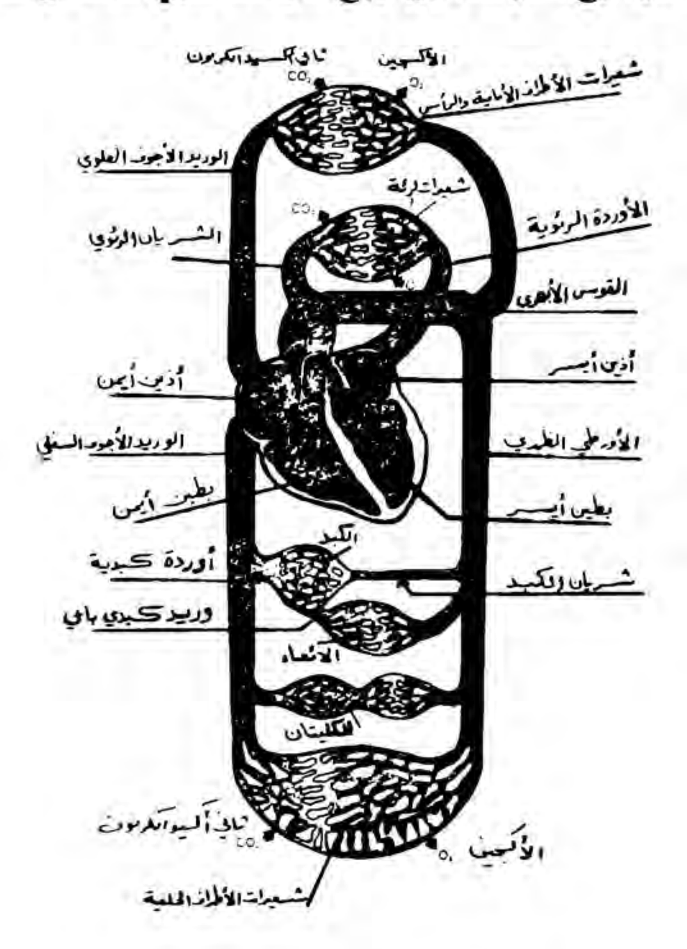
(بواسطة الشرايين التي تخرج منه لأعلى) ؛ والثاني يتجه نحو الجزء الخلفي للجسم ليغذي الأطراف الخلفية والأعضاء الباطنية بما فيه الكبد والأمعاء والكليتين بواسطة الأورطي الظهري وتفرعاته . أمّا الدم غير المؤكسد الموجود في البطين الأيمن فيندفع بواسطة الشرايين الرئوية إلى الرئتين ليتم تأكسده هناك ... وهكذا دواليك (حاول أن تدرس الدورة الدموية بالاستعانة بالشكل ١٠ – ٧) .



الشكل (١٠–٧) الدورة الدموية في الجسم

الدورة البابية : Hepatic Portal System

تُعتبر الدورة البابية جزءاً هاماً من الدورة الدموية في الجسم حيث فيها دورة الدم غير عادية ؛ فالدم الشرياني يدخل الكبد بواسطة شريان الكبد .Hepatic a بينما الدم الوريدي في الأوردة الدموية الآتية من المعدة والبنكرياس والطحال والأمعاء والمحملة بالمواد الغذائية المهضومة تتحد في وريد رئيسي يسمى بالوريد الكبدي البابي .Hepatic Portal V الذي لا يصب في القلب مباشرة (لاحظ الشكل ١٠-٨) إنما يتجه نحو الكبد ويتفرع داخل الكبد إلى فروع كثيرة جداً تنتهي بشبكة من الشعيرات



الشكل (١٠-٨) : الدورة الدموية – البابيّة

الدموية التي لا تلبث أن تتجمع ثانية لتكون أوردة صغيرة تتحد معاً لتكون أوردة أكبر فأكبر حتى تكوّن في النهاية الأوردة الكبدية .Hepatic V والتي يصدر الدم منها ويصب في الوريد الأجوف السفلي . وهكذا نلاحظ أنّ للكبد دوراً مهماً في هذه الدورة ، إذ إنّه في أثناء ذلك يقوم بوظائفه الفسيولوجية ذات الأهمية على المواد الغذائية المهضومة سواء الكربوهيدراتية أو الدهنية أو البروتينية وذلك عن طريق التأكد من سلامتها وطرد أو فصل المواد غير المرغوب فيها أو السامة منها قبل استيعابها في الدورة الدموية في الجسم . فالكبد إذن ومن خلال هذه الدورة ، يعمل «كنقطة تفتيش» للتأكد من سلامة وهُويّة المواد الداخلة في الدورة الدموية العامة في الجسم .

وظائف الدم Blood Functions

يمكن تلخيص **وظائف الدم في جسم الانسان** بما يلي :

١ – نقل المواد الغذائية التي تمتص من القناة الهضمية خلال جدر الأمعاء بواسطة الأوعية الدموية واللمفية الموجودة بالخملات إلى جميع خلايا وأنسجة الجسم المختلفة .

٢ – نقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم وأنسجته ، كما ينقل ثاني أكسيد الكربون من خلايا وأنسجة الجسم إلى الرئتين .

٣ – حمل المواد الاخراجية وبخاصة الفضلات النيتروجينية نتيجة عمليات التمثيل الغذائي من خلايا الجسم إلى الكليتين .

٤ – نقل افرازات الغدد الصماء (الهرمونات) من مراكز تكوينها إلى الأعضاء التي تتأثر بها .

٥ – يساهم في تنظيم درجة حرارة الجسم نظراً لارتفاع حرارته النوعية ؛ أو يشترك مع الجلد في حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة وذلك عن طريق الأوعية الدموية التي تتسع أو تضيق حسب درجة حرارة الجسم وما يتبع ذلك من نقص أو زيادة كمية الحرارة التي تفقد من سطح الجسم وبخاصة عن طريق الاشعاع .

٦ – يساعد على حفظ التوازن المائي والضغط الأسموزي في الجسم ، وتنظيم تركيز

أيون الهيدروجين في أنسجة وأعضاء الجسم المختلفة .

٧ – يساعد الجسم في الدفاع عن نفسه سواء ضد الأجسام الغريبة أو الجراثيم والميكروبات الأخرى كالبكتيريا والفيروسات أو بعض الديدان الطفيلية . كما يحمي الدم الجسم من النزيف إذا ما تعرض جسم الانسان للجروح أو لحادث ما وذلك عن طريق تكوين ما يعرف بالجلطة الدموية أو تخثر الدم .

تجلط الدم : Coagulation (Clotting) of Blood

قلنا إنّ الدم يستطيع حماية نفسه عن طريق تكوين ما يعرف بالجلطة ؛ والجلطة أو تجلط الدم يحدث نتيجة لتفاعلات كيماوية وذلك لمنع حدوث النزيف وبالتالي تجنب تعرض الإنسان لخطر الموت ؛ فعندما يتعرض الدم للهواء تصيبه عدة تغييرات فيسمك قوامه ويصبح أكثر لزوجة ثم لا يلبث أن يترسب على هيئة كتل دموية تسمى الجلطة الدموية التي لها أهمية كبيرة لايقاف النزيف .

بالرغم أنّ هناك تبايناً في الخطوات الكيميائية التي تحدث أثناء تجلط الدم ، إلاّ أنه يوجد إجماع على أن صفيحات الدم Platelets تلعب دوراً رئيسيا في **هذه العملية** – بالتعاون مع عوامل أخرى – ، وأن الفيبرين Fibrin هو أساس تكوين الجلطة . وتشير خلاصة البحوث العلمية إلى أن التفاعلات الكيميائية المشتركة في عملية تجلط الدم كثيرة ومعقدة حيث يشترك فيها عدد كبير من (العوامل) – ثلاثة عشر عاملاً ، أعطيت أرقاماً رومانية وهي كما يلي :

العامل الأول (I) : الفيبرونوجن Fibrinogen وهو بروتين دم يتم تصنيعه في الكبد ويتحول إلى فيبرين لا يذوب في البلازما أثناء التجلط .

العامل الثاني (II) : البروثرمبين Prothrombin ويتكون في الكبد بوجود فيتامين K ويتحول إلى ثرومبين Thrombin بمساعدة أنزيم الثرمبو كينير (أو ثرمبوبلاستين).

العامل الثالث (III) : الثرمبوبلاستين ، ويتم تصنيعه من قبل الأنسجة المتمزقة عند الجرح ، كما يتحرر من الصفيحات الدموية .

العامل الرابع (IV) : أيونات الكالسيوم ، وهي ضرورية للخطوات الثلاث الرئيسية

في عملية تجلط الدم .

العامل الخامس (V) : برواكسيليرين Proaccelerin يصنع في الكبد وضروري للخطوتين الثانية والثالثة .

العامل السادس (VI) : تبيّن أنه غير ضروري في عملية التجلط الدموي .

العامل السابع (VII) : وهو بروتين بلازمي يصنع في الكبد .

العامل الثامن (VIII) : العامل مضاد الهيموفيليا Antihemophilic Factor وهو بروتين بلازمي يصنع في الكبد ، ونقصه يسبب مرض الهيموفيليا المعروف الذي يُشار إليه بـ : هيموفيليا A ، وهو مرض وراثي مرتبط بالجنس ويصيب الذكور أكثر من الأناث .

العامل التاسع (IX) : ويسمى عامل – عيد الميلاد Chrismas Factor وهو بروتين بلازمي يصنع في الكبد ، ويحتاج صنعه إلى فيتامين K ونقصه يسبب مرض الهيموفيلياB المشابه لهيموفيليا A .

العامل العاشر (X) : وهو بروتين بلازمي يصنع في الكبد ، ويعتمد صنعه على فيتامين K ونقصه يؤدي إلى (الرعاف) أو (نزيف الأنف) .

العامل الحادي عشر (XI) : بلازما الثرمبوبلاستين ، يصنع منه الثرمبوبلاستين في الكبد ونقصه يؤدي إلى مرض الهيموفيليا وهو نوع خفيف من الهيموفيليا C يصيب الذكور والإناث .

العامل الثاني عشر(XII): وهو بروتين بلازمي مهم لتجلط الدم خارج الجسم.

العامل الثالث عشر (XIII) : العامل المثبت للفيبرين ، وهو بروتين بلازمي ضروري لتجلط الدم . وبوجه عام ، فإنّ غياب أي عامل من عوامل التجلط واختلال عمله يتسبب في حدوث أعراض نزفية ؛ ولعل أكثر العوامل عرضة لذلك هو عامل التجلط رقم (٨) المعروف بالعامل (مضاد الهيموفيليا) الذي يسبب نقصه مرض نزف الدم الوراثي .

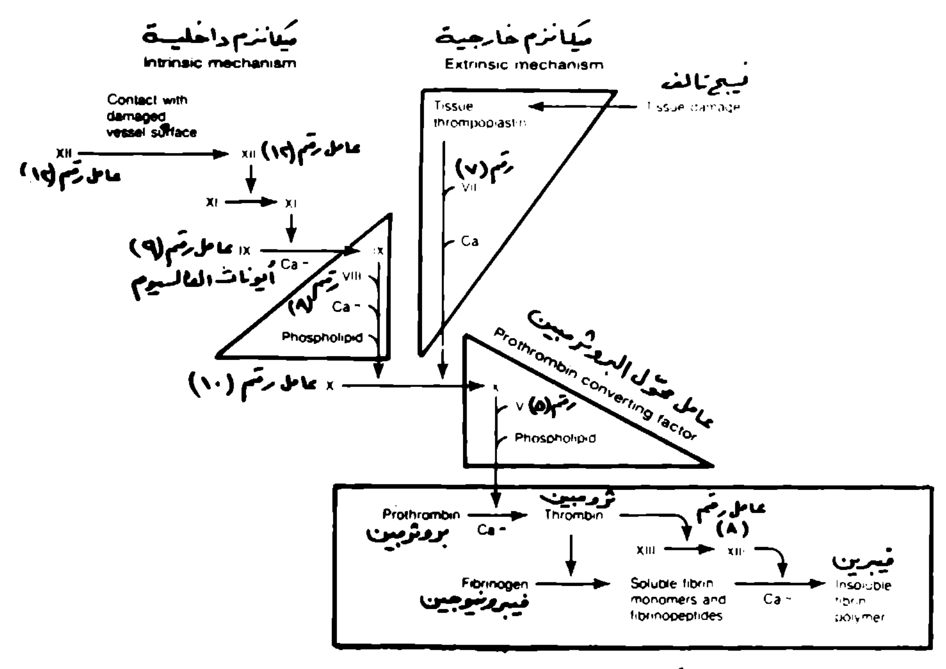
هذا ، ويمكن تلخيص **خطوات عملية تجلط الدم** بما يلي (استعن بالشكل ١٠-٩):

١ – عند تعرض صفيحات الدم للهواء ، تتحلل وتتكسر معطية انزيماً نشطاً يُعرف بانزيم الثرمبوكينيز (أو ثرمبوبلاستين Thromboplastin /Thrombokinase) .

٢ – عندها يحول بروتين بلازما الدم : بروثرمبين Prothrombin إلى أنزيم نشط يعرف باسم ثرومبين Thrombin بمساعدة الثرمبوكينيز وبوجود أيونات الكالسيوم اللازمة لهذا التحول حسب المعادلة التالية :

$$\text{Prothrombin} \xrightarrow[\text{Ca}^{++}]{\text{Thrombokinase}} \text{Thrombin}$$

هذا ، ويجب ملاحظة أنّ مادة (البروثرمبين) تتكون في الكبد وأنّ فيتامين K لا بد من توفره لانتاجها ، ولذلك يعتقد أنّ الأشخاص الذين يصابون بمرض النزيف ربما يكون عندهم نقص كبير في فيتامين K (الفصل الثاني عشر) .



الشكل (١٠–٩) : خطوات عملية تجلط الدم

٣ – يتفاعل (الثرومبين) مع بروتين بلازما الدم (الفيبرونوجين Fibrinogen) ويحوّله إلى مادة غير قابلة للذوبان (الفيبرين Fibrin) التي لا تلبث أن تترسب على شكل ألياف أو بلورات إبرية الشكل متقاطعة ومتداخلة مع بعضها البعض تحصر عند أماكن تقاطعها كريات الدم الحمراء وبعض كريات الدم البيضاء . وهكذا تمنع خروج أو نزيف الدم ، وهنا لا بد من التذكير أو التحذير من أن إزالة الكتلة الدموية ومسحها باليد يعني سيولة الدم مرة ثانية وبالتالي تعرض الانسان لفقد كمية أخرى من الدم .

ضغط الدم : Blood Pressure

إنّ سريان الدم في أوعية دموية خاصة وبقوة معينة يعني أنّ الدم يضغط على جدران الأوعية الدموية . مقابل ذلك ، تقاوم الأوعية الدموية سريان الدم فيها . وهكذا ينشأ ضغط للدم على جدران الأوعية الدموية ؛ وعليه يتحكم في قوة ضغط الدم ثلاثة عوامل هي :

١ – **القلب** : ويتمثل هذا العامل بدرجة مطاطية عضلات القلب وقوتها .

٢ – **الأوعية الدموية** : وتتمثل أيضاً بدرجة مطاطية هذه الأوعية التي تساعد في ضخ الدم واستمراريته بسلالسه .

٣ – **الـدم** : ويتمثل بكمية الدم ولزوجته وخصائصه الأخرى . فعندما يضخ القلب الدم يندفع الدم بقوة في الأوعية الدموية بفضل مطاطية جدران هذه الأوعية ؛ فإذا ما انخفضت درجة مطاطية الأوعية الدموية فإنّ ضغط الدم يرتفع لأن الدم يجد مقاومة أكبر في سريانه في هذه الأوعية . وهكذا نلاحظ أنّ الضغط ينشأ نتيجة لدفع القلب الدم في الأوعية الدموية على هيئة موجات وفقاً لدقات أو نبضات القلب . وضغط الدم ليس ثابتاً في جميع الأوعية الدموية بل يقل تدريجياً حتى يصل أقل قيمة له في الأوردة . ويُقاس ضغط الدم بمقدار **ارتفاع عمود الزئبق** ويعرف منه نوعان :

الأول : الضغط الانقباضي : Systolic Blood Pressurc أي عندما تنقبض عضلات القلب (انقباض البطينين) وتدفع بالدم إلى الدورة الدموية .

الثاني : الضغط الانبساطي : Diastolic Blood Pressure أي عندما تسترخي

عضلات القلب (انبساط البطينين) وتستقبل الدم ، ثم ينقبض القلب وهكذا يستمر القلب في عمله ما بين انقباض واسترخاء دافعاً الدم إلى جميع أنحاء الجسم حاملاً معه الأكسجين والغذاء .

وعند قياس ضغط الدم فإنّ الطبيب يقوم بقياس الضغطين السابقين (الانقباضي والانبساطي) ويعبر عنه اصطلاحاً بـ ١٢٠/٨٠ ملم زئبق ، وهذا هو معدل الضغط الطبيعي للانسان السليم . والجدير بالذكر أنّ هذه القراءة تتفاوت صعوداً أونزولاً وقد تختلف ما بين الصباح والمساء ، إذ إنّ (ضغط الدم) يعتمد على عوامل كثيرة منها : الارهاق الجسدي أو الذهني ، وكثرة التدخين ، ودرجة الحرارة ، والاكثار من المنبهات كالشاي والقهوة ، ونوع الغذاء ، والحالة النفسية للشخص . ويتراوح هذا التفاوت ما بين ٥ - ٣٠ درجة ؛ ومن هنا على الانسان أن لا يبدي اهتماماً زائداً للقراءآت المختلفة طالما أنّها تقع ضمن المعدل الطبيعي ، وغير ذلك فلا بد من مراجعة واستشارة الطبيب المختص .

على الرغم أنّ ضغط الدم أو ارتفاعه يتوقف على عوامل عدة منها : العمر ، والجنس ، والتدخين ، وارتفاع نسبة الدهن في الغذاء أو الدم ، ومرض السكري وازدياد نشاط الغدة الدرقية ، إلاّ أنّ جسم الانسان يحاول أن ينظم هذا الضغط عن طريق الأعصاب المتصلة بالشرايين وهي :

أ - الأعصاب القابضة Vaso - Constricting Nerves وتعمل على انقباض الشرايين .

ب - الأعصاب ذات التأثير المثبط (الموسعة) Vaso - Dialator وتعمل على انبساط الشرايين .

ورغم هذا ، فلا بُدّ للشخص أن يفحص ضغطه الدموي على فترات منتظمة وبخاصة أنّ كثيراً من الناس لا يشكون من أي شيء حتى ولو كانوا مصابين بارتفاع في ضغط الدم . وفيما يلي معدل ضغط الدم مقدراً بـ (ملم/زئبق) حسب العمر (جدول٣) .

جدول (٣)

العلاقة بين العمر وضغط الدم

العمـــر	الضغط الانقباضي	الضغط الانبساطي
الطفل المولود حديثاً	٤٠	٢٠
طفل – عمر شهر واحد	٧٥	٥٠
سنتان	٨٥	٦٠
أربع سنوات	٩٠	٦٥
عشر سنوات	١٠٥	٧٠
(١٥) سنة	١١٠	٧٠
(٢٠) سنة	١٢٠	٨٠
(٣٠) سنة	١٣٠	٨٥
(٤٠) سنة	١٤٠	٩٠
(٥٠) سنة	١٤٥	٩٠
(٦٠) سنة	١٥٠	٩٠

الجهاز اللمفاوي Lymphatic System

يُعتبر الجهاز اللمفاوي (الشكل ١٠–١٠) متمماً للجهاز الدوري ، حتى إنّ بعض العلماء يعتبرونه فرعاً أساسياً من الجهاز الدوري . فالدم كما ذكرنا سابقاً ، يسير في أوعية دموية مغلقة ولهذا لا يوجد اتصال مباشر بين الدم وخلايا الجسم . والسؤال الذي يطرح نفسه هو **كيف يقوم الدم بتسليم الأكسجين والغذاء والهرمونات** والأجسام المضادة ... التي تحتاجها خلايا وأنسجة الجسم المختلفة ؟ وكيف يقوم الدم بتخليص خلايا الجسم من نواتج التنفس والفضلات النيتروجينية ؟

هناك سائل يشبه بلازما الدم تقريباً يسير في الجسم يختلف اسمه حسب مكان وجوده في الجسم ، فإن وجد بين الخلايا سمي بالسائل الخلوي Intercellular (Interstitial) Fluid ، وإذا وجد السائل في أوعية خاصة لمفية Lymph Vessels سمي بالسائل اللمفاوي . **فاللمف** Lymph إذن سائل بين خلوي تحمله الأوعية

اللمفية؛ **ويختلف عن الدم** بما يلي :

أ - سائل عديم اللون تقريباً لا يحتوي على كريات الدم الحمراء لكنه يحتوي على خلايا لمفية .

ب - يحتوي اللمف على نسبة من البروتينات أقل من بروتينات الدم .

جـ - يتكون اللمف كسائل بين خلوي دموي يرشح من الشعيرات الدموية الشريانية الذي لا يلبث أن يسيل ويبلل خلايا الجسم ويغمرها .

ترجع أهمية اللمف إلى كونه **واسطة النقل بين الدم وخلايا الجسم** المختلفة . وعليه يرشح سائل دموي من خلال جدر الشعيرات الدموية الرقيقة محملاً بالأكسجين والمواد الغذائية . أما معظم بروتينات الدم والعناصر الخلوية فلا تتمكن من النفاذ خلال جدر الشعيرات الدموية بل تبقى محجوزة في تلك الشعيرات ما عدا بعض كريات الدم البيضاء التي تهاجر لتؤدي وظيفتها في مناطق مختلفة من الجسم . وعليه ، يغمر اللمف بما فيه من مواد غذائية ذائبة وأكسجين ويبلل خلايا الجسم وتتم عملية التبادل بين سائل اللمف وبين خلايا الجسم . وهكذا تنتشر المواد الغذائية والأكسجين إلى الخلايا التي يلامسها أو يبلّلها بينما المواد التي يكون تركيزها عالياً في الخلايا كالفضلات النيتروجينية وثاني أكسيد الكربون تنتشر بسهولة من خلايا الجسم إلى اللمف المحيط بها.

وباختصار ، فإنّ اللمف يزود خلايا الجسم بما تحتاجه من مواد غذائية ذائبة وأكسجين وهرمونات ... الخ ؛ بينما يحمل منها نواتج العمليات الحيوية كنواتج عملية التنفس CO_2 وعملية التحول الغذائي (مواد نيتروجينية) ناقلاً هذه النواتج إلى الدم وذلك عن طريق نفاذ وعودة بعض سوائل اللمف خلال جدر الشعيرات نفسها ؛ ويحمل خلال عودة السائل اللمفي إلى الشعيرات الدموية معه إلى تيار الدم ما جمعه من CO_2 ومواد اخراجية نيتروجينية تريد خلايا الجسم التخلص منها . وهكذا يساعد على التوازن المائي والأسموزي في الجسم . ولكن **ماذا يحدث لسائل اللمف الذي لا يتمكن من العودة إلى تيار الدم عن طريق النفاذ إلى الجانب الوريدي من الشعيرات ؟** اللمف المتخلف في الأنسجة ينفذ إلى داخل أوعية خاصة دقيقة جداً تعرف بالشعيرات

اللمفية ، وتتميز هذه الشعيرات بكثرة ثقوبها تلتقط بها البروتينات الموجودة باللمف ، ويدخل سائل اللمف الدورة الدموية بعد أن يمر من خلال **أربع مناطق** هي :

أ - الشعيرات اللمفية Lymph Capillaries

ب - الأوعية اللمفية Lymph Vesseles

جـ - العقد اللمفاوية Lymph Nodes

د - القنوات اللمفاوية Lymph Ducts

الشكل (١٠-١٠) الجهاز اللمفاوي - الأوعية والعقد اللمفاوية الرئيسية

وهكذا نلاحظ أنّ الشعيرات اللمفية تتحد معاً لتكوّن أوعية لمفية أكبر فأكبر حتى تكوّن في النهاية القنوات اللمفاوية الرئيسية الصدرية اليمنى واليسرى (لاحظ الشكل ١٠-١٠) والتي تحمل سائل اللمف وتصبه في الوريدين تحت الترقويين الأيمن والأيسر ومنه إلى الوريد الأجوف العلوي فالقلب فالدورة الدموية العامة في الجسم .

وهكذا نستطيع القول أنّ السائل اللمفاوي يسير باتجاه واحد فقط في الأوعية اللمفية (إلى القلب) وأن وجود الصمامات فيها يحول دون ارتداد السائل في الاتجاه المعاكس. بالاضافة إلى أن تدفق اللمف يسير داخل الأوعية اللمفية ببطء كبير (عكس تدفق الدم) وأن انقباض عضلات الجسم المختلفة تساعد على دفع اللمف في الأوعية اللمفية. وعليه ، (استنتج الفروق بين دورة الدم ودورة اللمف في جسم الانسان) .

الأعضاء اللمفية : Lymphoid Organs

تتركب الأعضاء اللمفية من أنسجة لمفاوية هي في الأصل أنسجة ضامة شبكية. والنسيج اللمفاوي يحتوي عادة على : خلايا لمفية ، وكريات بيضاء أكولة ، وخلايا منتجة للأجسام المضادة ، وقد يوجد بها عدد كبير من كريات الدم الحمراء كما في الطحال . وتشمل الأعضاء اللمفية ما يلي :

١ – العقد اللمفية Lymph Nodes

تبدو العقدة على شكل حبة الفاصوليا ، وتختلف بالحجم فقد تكون بحجم رأس الدبوس وقد يصل قطرها إلى بوصة واحدة . وبالرغم أنّها موزعة في أجزاء مختلفة من الجهاز اللمفاوي (الشكل ١٠–١٠) لكنها تظهر كتجمعات في مناطق مختلفة من الجسم خاصة في منطقة العنق والمناطق الابطية الصدرية والفخذية . وترجع أهمية العقد اللمفية إلى تكوين الخلايا اللمفية Lymphocytes ، كما تعمل على استخلاص الميكروبات الدقيقة وما يتعلق بها من أوساخ أو شوائب من سائل اللمف؛ وفي حالة إصابة الجسم بميكروب بكتيري ، فإنّ الخلايا الأكولة تهاجمها وتقوم باحتوائها وتحطيمها .

ومما يذكر عن العقد اللمفية (ربما لسؤ الحظ) أنها تكون خلايا معينة أو مضادات حيوية رافضة لزراعة الأنسجة في الجسم ، علماً بأنّ زراعة هذه الأنسجة أو الأعضاء لها أهمية كبيرة في تطور العلاجات الطبية اليوم . كما يذكر أيضاً أنّ العقد اللمفية تقوم بازالة بعض الخلايا السرطانية وبالتالي تهيء نموات سرطانية جديدة . ولهذا يقترح البعض أنّ للجهاز اللمفاوي صلة بمرض السرطان الذي يسبب موت كثير من الناس اليوم .

٢ – الطحال : Spleen

عضو لمفي مهم في الجسم يرتبط وظيفياً بالدم ويقع تحت الحجاب الحاجز مباشرة في الجزء العلوي الأيسر ، ويبلغ طوله حوالي ٥–٦ بوصات وعرضه حوالي ٣–٤ بوصات . ترجع **أهمية الطحال** لما يلي :

١ – حيث إنّه يحتوي على تجاويف وفراغات دموية كثيرة لذا يعتبر مستودعاً هاما للدم خاصة كريات الدم الحمراء ؛ إذ قد يصل ما يخزنه من الدم حوالي لتر وفي حالات معينة قد ينقبض ويطرد ما يختزنه من الدم إلى الدورة الدموية .

٢ – يُعتبر المكان أو «المقبرة» الذي فيه تتحطم كريات الدم الحمراء حيث يحتفظ بعنصر الحديد لاستخدامه ثانية بينما يتحول بقية الهيموجلوبين إلى صبغ يفرزه الكبد مع الصفراء .

٣ – له القدرة على إنتاج كريات الدم البيضاء خاصة اللمفية منها وبالتالي يساهم في إعطاء الجسم مناعة ضد الميكروبات . كما له القدرة أيضاً على تكوين كريات الدم الحمراء خاصة في المراحل الجنينية .

٤ – يكوّن الطحال مادة معينة تعمل على تشجيع تكوين خلايا الدم في نخاع العظم .

٣ – الغدة التيموسية : Thymus Gland

وهي غدة تنتشر على القصبة الهوائية للجهاز التنفسي ؛ وتتكون عادة من فصين، وتبلغ أقصى حجم لها عند عمر سنتين إذ يصل وزنها ١٢ غم تقريباً . أما في حالة البلوغ فلا تلبث أن تضمر تدريجياً حتى تختفي في خريف العمر . ولهذا يعتقد العلماء أنّ لها علاقة بتكوين مناعة للجسم وبخاصة في الأجنة وعند الصغار حيث لها القدرة على تكوين خلايا لمفية مما تكسب الجسم بعض المناعة ، كما تكون خلايا أخرى بشكل مؤقت لها علاقة في تكوين الأجسام المضادة .

٤ – اللوز : Tonsils

عبارة عن ثلاثة أزواج من التركيبات اللمفية ، يُعتقد أنّ لها علاقة في مناعة الجسم حيث إنّها تكون خلايا لمفية تهاجر إلى الدم من حين لآخر وحسب حاجة

الجسم . وهي عرضة للالتهابات لذا يمكن التخلص منها إذا اقتضت صحة الشخص ذلك ولو أن العلماء يوصون بعدم استئصالها إلاّ في الحالات المزمنة وذلك لعلاقتها ومساهمتها في تكوين المناعة في الجسم وبخاصة عند الصغار . وبوجه عام ، توجد ثلاثة أنواع من التركيبات اللمفاوية وهي :

أ – اللوز البلعومية .Pharyngeal T وتقع في الجدار الخلفي للبلعوم الأنفي .

ب – اللوز اللهائية .Palatine T وتقع داخل الجدار الجانبي الخلفي للبلعوم وهي كثيراً ما تزال في مرحلة الطفولة .

جـ – اللوز اللسانية .Lingual T وتقع على القسم الخلفي من اللسان .

أمراض القلب :

يتعرض القلب والدم والأوعية الدموية إلى الاصابة بأمراض عديدة نذكر منها ما يلي :

١ – **احتقان القلب** Congestive Heart Failure إذا أصيب القلب بالاحتقان، حيث يكون جانب من القلب (الأيمن أو الأيسر) لا يستطيع أن ينبض بقوة كافية للمحافظة على دوران الدم خلال نشاط الانسان الزائد ، يتجمع الدم الزائد في القلب مما يؤدي إلى فشل القلب . وعليه ، إذا فشل الجانب الأيسر من القلب فإنّه يؤدي إلى اصابة الرئتين بأعراض مرضية خطيرة ؛ في حين إصابة القلب الأيمن في الاحتقان يؤدي إلى تعرض أعضاء الجسم للخطورة والاصابة بالأمراض .

٢ – **ارتفاع ضغط الدم** ، ينشأ ضغط الدم بوجه عام من خلال الضغط على جدران الشرايين الدموية من الداخل الناتج عن انقباض عضلة القلب وضخه الدم إلى داخل الشرايين ؛ ونتيجة لسريان الدم في الأوعية الدموية تقاوم سريان الدم فيها . ويتأثر ضغط الدم بثلاثة عوامل هي : القلب والدم والأوعية الدموية . وتشير الاحصاءآت الطبية إلى أنّ حوالي ٣٠٪ من الأفراد يمكن أن يكونوا مصابين بارتفاع ضغط الدم في وقت ما خلال حياتهم . وبوجه عام ، فإنّ الضغط فوق (١٥٠/٩٠) ملم زئبق يقع ضمن ضغط الدم المرتفع . وفي حالات كثيرة من إرتفاع ضغط الدم يمكن أن

تكون الأسباب غير معروفة ؛ إلاّ أنه يُتوقع أن يكون تضيق الشرايين الصغيرة أو تصلبها يمكن أن يكون المسؤول لحد كبير عن إرتفاع ضغط الدم . بالاضافة إلى ذلك ، هناك عوامل بيئية غذائية يمكن أن تعمل على زيادة ارتفاع ضغط الدم كما في التدخين والدهون الغنية بالكوليسترول والغذاء الغني بأملاح الصوديوم .

٣ - **تصلب الشرايين** Arteriosclerosis (Hardening of the arteries) بنمو الانسان وتقدمه في العمر ، يتعرض الانسان لتراجعات بيولوجية كثيرة ؛ من بينها التغيرات التي تؤدي إلى تفتح (انحلال) جدران الشرايين الدموية ؛ وهذا يؤدي إلى أن تصبح الأوعية الدموية أقل مرونة مما يترتب عليها صعوبة اندفاع الدم في الأوعية الدموية بشكل سهل . كما تواجه الأوعية الدموية صعوبة في التغيرات الضغطية التي تحدث نتيجة لانقباض عضلة القلب وانبساطها . هذا ، وتزداد خطورة مرض تصلب الشرايين عند تراكم المواد الدهنية (الكوليسترول) على جدران الأوعية الدموية مما يسبب تضييقها وتصلبها بحيث تصبح أكثر خطورة من ذي قبل .

وباختصار ، هناك عدة مؤثرات تضعف بدورها متانة الشرايين ومرونتها من بينها: (أ) نتائج طبيعية - فسيولوجية لتآكل أوعية الدم الشريانية ، (ب) مؤثرات ميكانيكية تتمثل في الاجهاد الذي يتعرض له الانسان من التبدل المتكرر والارتفاع في ضغط الدم وبخاصة على شرايين الأطراف غالباً ، (جـ) عوامل كيميائية وفي مقدمتها تعاطي المسكرات والتدخين والسمنة الزائدة التي تزيد الأعباء على القلب، (د)الأمراض الانسانية التي تتسبب عن الميكروبات كما في التهاب اللوز والتيفوئيد والملاريا ، (هـ) الاستعدادات الموروثة للإصابة بمرض تصلب الشرايين .

٤ - **التهاب الوريد** Phlebitis ويتسبب عن ميكروبات (بكتيرية) تهاجم الوريد ؛ وقد يؤدي ذلك في بعض أنواع التهاب الوريد ، إلى تكون (خثرة) وانسداد الأوعية الدموية بأخطارها المختلفة على الجسم .

٥ - **دوالي (توسع) الأوردة** Varicose veins الدوالي هي الأوردة الممتلئة البارزة المتعرجة تحت الجلد في الساق والفخذ غالباً . ويحدث التوسع في الأوردة نتيجة ضعف في النسيج الضام فيها مع احتقان الدم وبخاصة عند **الوقوف الطويل** ؛ وفي

هذه الحالات يضغط الدم المحتقن بثقله على جدار الوعاء الدموي (الوريد) الضعيف الرخو فيمدده ويزيد في سعة الوريد لاصابته بالدوالي . وقد يرجع ذلك أيضاً، إلى أصول وراثية أو خلقية في ضعف جدران الأوعية الوريدية وصمّاماتها . مثل هذه الأوردة ، تكون غير فاعلة في نقل الدم إلى القلب وبالتالي تسمح بتراكم الدم وبخاصة في الأطراف السفلية عندما يكون الإنسان واقفاً . وهناك دوالي أوردة يمكن أن تنتج من الضغط الواقع على الأوردة كما يحدث عند النساء الحوامل أوعند الشخص المصاب بالسمنة الزائدة . وفي حالة الإصابة القوية بهذا المرض ، فإنّ الأوردة المتسعة قد تتدخل في تدفق الدم لدرجة يمكن أن تسبب تشنج العضلات والأورام أو التهاب الأوردة أو الجلطة أو نزف الدم .

٦ - **تمدد الأوعية الدموية** Aneurysms وهو عبارة عن توسع محلّي في الشريان نتيجة لضعف في جدران الوعاء الدموي الشرياني في نقطة التوسع المعنية . وأكثر مكان قد يحدث فيه هذا المرض هو عند القوس الأبهري . وإذا كانت الاصابة حادة ، فإنّه قد يترتب عليها احتمال تمزق الوعاء الدموي ؛ كما أن إصابة (القوس الأبهري) بهذا المرض يمكن أن تضغط على القصبة الهوائية وبالتالي قد ينجم عنها الموت نتيجة الاختناق . وكذلك يمكن لهذا المرض أن يضغط على الأعصاب مسبباً الألم واحتمال الاصابة بالشلل .

٧ - **أمراض أخرى** تصيب الجهاز الدوري ولها أساس وراثي - خلقي منها ما يلي :

أ - الهيموفيليا / مرض نزف الدم ، وهو مرض وراثي مرتبط بالجنس يظهر عند الذكور أكثر منه عند الإناث .

ب - انحلال كرات الدم الحمراء الناتجة عن عدم توافق في مجموعات الدم بين الأم (مجموعة دم O مثلاً) وبين طفلها (مجموعة دم A أو B) على سبيل المثال .

جـ - أنيميا الكرات المنجلية ، وهو مرض وراثي ينتج عن اختلال في هيموجلوبين الدم غير طبيعي نتيجة احلال حامض أميني (فالين) محل حامض آخر (الجلوتامين) .

د – عيب الحاجز بين الأذينين (الأيمن والأيسر) .

هـ – مرض انحلال كرات الدم الحمراء عند الأطفال حديثي الولادة بسبب اختلاف العامل الرايزيسي بين الأم وجنينها .

و – أنيميا الدم (فقر الدم) ، ويتميز بنقص كمية الأكسجين الذي تحمله كرات الدم الحمراء (الهيموجلوبين) إلى أنسجة الجسم . ويتسبب بوجه عام ، إمّا نتيجة النقص في معدّل تكوين كرات الدم الحمراء ، أو الزيادة في معدّل تكسيرها ، أو عن خلل في إنتاج هيموجلوبين الدم الموجود في كرات الدم الحمراء والذي له دور أساسي في حمل الأكسجين لجميع خلايا الجسم وأنسجته .

ز – أمراض تتعلق بالقلب عموماً كما في : بطء نبض القلب ، وروماتيزم القلب، وكبر القلب ، وانحراف موقع القلب (القلب الأيمن) الذي يشغل الجانب الأيمن من الجسم .

ح – اللوكيميا Leukemia وهي زيادة غير عادية في كرات الدم البيضاء ؛ ومنها اللوكيميا اللمفية المزمنة أو الحادة أو النخاعية المزمنة والتي فيها يتعرض الانسان لخطر الموت بوجه عام .

الفصل الحادي عشر

الجهاز التنفسي Respiratory System

التنفس عملية مهمة تستمر باستمرار حياة الكائن الحي نفسه ؛ وهي ضرورية جداً لاستمرار حياة الانسان . وببساطة هي عملية امداد خلايا وأنسجة الجسم المختلفة بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون ؛ وبدون توفر الأكسجين فإنّ معظم خلايا الدماغ تموت خلال ٣–٥ دقائق . أما من الناحية الكيماوية فتشير إلى سلسلة من التفاعلات الكيميائية تتم داخل الخلايا وفيها تتأكسد المواد الغذائية وينتج عنها انطلاق الطاقة اللازمة للنشاطات الحيوية للانسان . كما ينتج ثاني أكسيد الكربون الذي لا بد من التخلص منه مع دورة الدم في الجسم . أما المفهوم الأول (امداد الجسم بالأكسجين) فيطلق عليه اسم **التنفس الهوائي** Breathing والمفهوم الثاني (التفاعلات الكيميائية داخل الخلية) فيطلق عليه اسم **التنفس الخلوي** Cellular Respiration .

تتم أكسدة أو احتراق الغذاء داخل خلايا الجسم في عضيّة خلوية خاصة أشرنا إليها سابقا (الفصل الثالث) تُسمى الميتوكندريا ، حيث تحمل الأنزيمات الخاصة بأكسدة الغذاء . هذا ، ويعتبر سكر الجلوكوز أكثر صور الغذاء شيوعاً إذ إنّه يُستخدم كوقود لانتاج الطاقة في معظم الكائنات الحية بما فيه الإنسان . على الرغم أن أكسدة الجلوكوز تضم معادلات كيميائية معقدة إلاّ أنّ احتراق جزيء الجلوكوز احتراقاً كاملاً يعطي طاقة كبيرة نلخصها بالمعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{--------}\!> 6CO_2 + 6H_2O + 686 \text{ K. Cal.}$$

والطاقة الناتجة تكون عادة مخزنة في مركب كيماوي يدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات Adensosine Triphosphate ويرمز له عادة بالرمز ATP ؛ وتحطيم الجلوكوز نهائياً ينتج طاقة تساوي ٣٨ جزيئاً (38 ATP) ؛ وهي(ATP) عبارة عن مادة كيماوية تختزن فيها الطاقة على شكل روابط كيماوية تكون متوفرة عند الحاجة إليها كما في النشاطات الحيوية المختلفة كالنمو والبناء والتكاثر والحركة والتفكير والقراءة... وسائر العمليات الحيوية الأخرى التي يقوم بها الجسم ، لكن جزءاً كبيراً منها يتحول إلى طاقة حرارية يستخدمها الجسم في تدفئته وحفظ درجة حرارة الجسم ثابتة .

تركيب الجهاز التنفسي

يتركب الجهاز التنفسي في الانسان من الأعضاء (الشكل ١١-١) التالية :

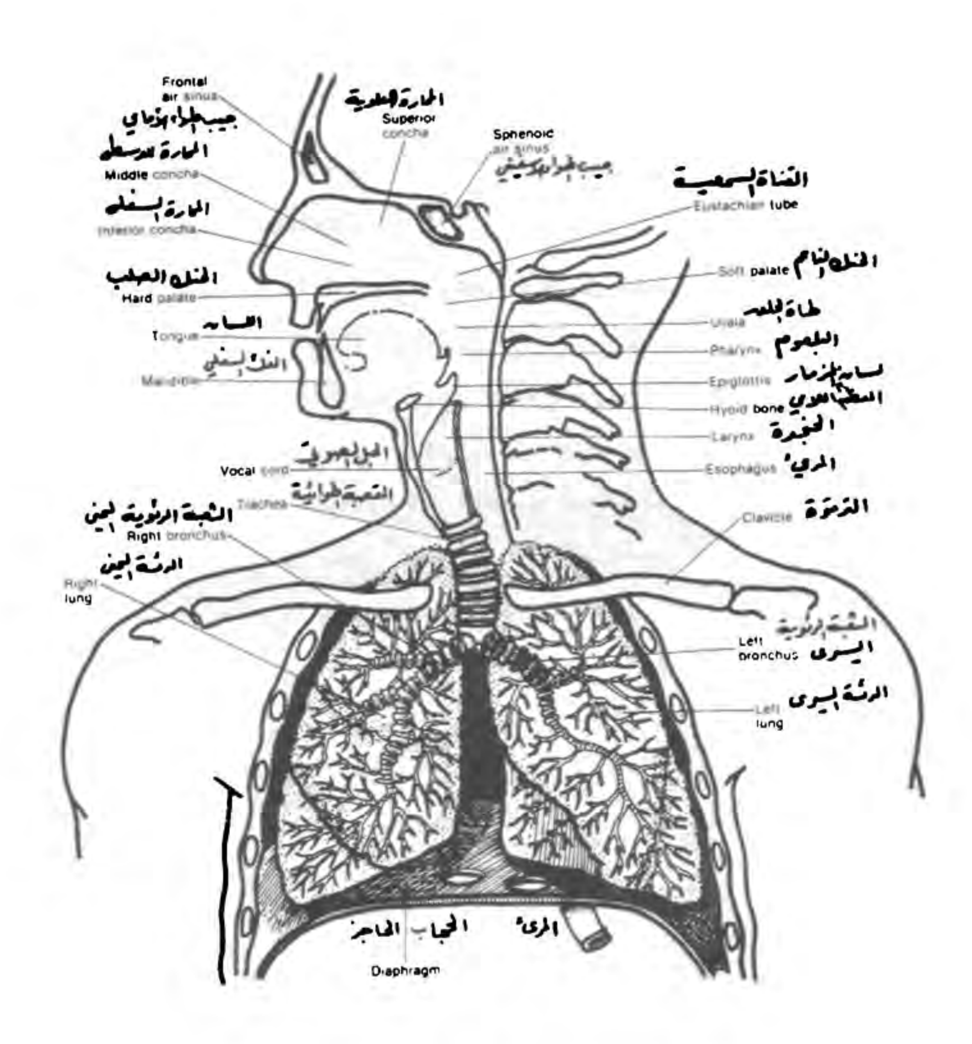
١ - الأنف	Nose
٢ - البلعوم	Pharynx
٣ - الحنجرة	Larynx
٤ - القصبة الهوائية	Trachea
٥ - الشعب الرئوية	Bronchi
٦ - الرئتين	Lungs
٧ - الحجاب الحاجز	Diaphragm

١ - الأنف : Nose

وهو عضو مجوف غضروفي عظمي بارز في وسط الوجه ؛ يتكون من فتحتين أماميتين تتصلان بالجو الخارجي أو الهواء مباشرة تسميان فتحتي الأنف Nostrils . وبوسط الأنف حاجز يفصل تجويفه إلى حجرتين مستقلتين ، وكل حجرة مبطنة بغشاء أو نسيج مخاطي مهدب يعطي الهواء الداخل درجة حرارة مناسبة من الدفء والرطوبة بالاضافة إلى أنه يمسك أو يحجز الغبار والأوساخ التي قد تدخل مع الهواء عن طريق الأنف .

٢ – البلعوم : Pharynx

أنبوبة عضلية وممر مشترك للغذاء والهواء ، وهي ملتقى سبع فتحات في الجسم منها فتحتا الأنف الداخليتان اللتان تتصلان بالبلعوم من الخلف .



الشكل (١١–١) الجهاز التنفسي

٣ – الحنجرة : Larynx

جسم أو صندوق غضروفي ، تقع أسفل البلعوم ويفتح فيها فتحة المزمار Glottis في أرضية البلعوم يحرسها من أعلى زائدة غضروفية تعرف باسم لسان المزمار Epi-glottis . والجزء البارز من الحنجرة يعرف بتفاحة آدم ، وهي مهيأة بشكل خاص لكي تعمل كصمام منظم لكمية الهواء الداخلة أو الخارجة أثناء عمليتي الشهيق والزفير . هذا وتبقى فتحة الحنجرة مفتوحة إلاّ عند مرور الطعام والماء من الفم إلى المريء فإنّها تُقفل بواسطة لسان المزمار . ويوجد في الحنجرة الأحبال الصوتية Vocal Cords المسؤولة عن إحداث الصوت في الانسان ومعظم الحيوانات الفقارية الأخرى .

٤ – القصبة الهوائية : Trachea

أنبوبة مرنة مفتوحة باستمرار ، وتمتد بالتجويف الصدري ، وهي مدعمة عادة بحلقات غضروفية غير كاملة الاستدارة على شكل حرف C ؛ بينما يمتد المريء خلف القصبة الهوائية في الجهة المقابلة للجزء الناقص من الحلقات الغضروفية . ويبطن جدارها من الداخل نسيج طلائي عمادي كاذب مهدب يعمل على حجز المواد الغريبة أو الأتربة من دخولها مع الهواء . وتتفرع القصبة الهوائية إلى فرعين أو شعبتين تعرفان بالشعب الرئوية Bronchi يتصل كل منها برئة ؛ كما تنقسم كل شعبة رئوية وتتفرع إلى شعيبات رئوية أخرى تُسمى الشعيبات التنفسية Bronchioles (لاحظ الشكل ١١–١) التي تتفرع بدورها إلى شعيبات أصغر فأصغر مكونة من عضلات ملساء غير إرادية خالية من الغضاريف إلى أن تنتهي بأكياس كثيرة يتجاوز عددها الملايين تعرف بالحويصلات أو **الأكياس الهوائية** Alveoli . والأكياس الهوائية محاطة ومغمورة بالشعيرات الدموية ولها جدر رقيقة جداً وبالتالي يسهل تبادل الغازات في فراغ هذه الحويصلات .

٥ – الرئتان : Lungs

توجد الرئتان في التجويف الصدري ، وكل رئة عبارة عن عضو اسفنجي مسامي وظيفتها تنقية الدم أي تحويله من دم غير مؤكسد إلى دم مؤكسد عن طريق دورة الدم في الجسم . والرئة اليمنى أكبر من اليسرى ، وتتألف عادة من ثلاثة فصوص

واليسرى من فصين فقط . ويغطي الرئتين من الخارج غشاء به سائل بلوري محكم الإغلاق لا يتصل بأي من تجاويف الجسم الأخرى يسمى الغشاء البلوري Pleura Membrane ، والغشاء مزدوج الجدار يتصل الغشاء الداخلي منه بالسطح الخارجي للرئة بينما يلتصق الغشاء الخارجي له بالحجاب الحاجز من أسفل .

٦ - الحجاب الحاجز : Diaphragm

حاجز عضلي مقوس باتجاه التجويف الصدري ويفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني ؛ الأول يحتوي الأعضاء المهمة للإنسان كالقلب والرئتين ، والثاني أوسع يحتوي بقية الأحشاء الداخلية . وللحجاب الحاجز علاقة مباشرة في ميكانيكية التنفس في الانسان .

ميكانيكية التنفس :

يدخل الهواء إلى جهاز التنفس بفعل حركة عضلة الحجاب الحاجز أو بفعل عضلات الضلوع أو نتيجة لعملهما معاً . وتقسم ميكانيكية أو آلية التنفس إلى عمليتين هما :

١ - عملية الشهيق Inspiration وتعني دخول الهواء إلى الرئتين عن طريق المسالك أو الممرات الهوائية التي تبدأ من فراغ الأنف ، فالبلعوم ، فالحنجرة ، فالقصبة الهوائية ، فالشعب الرئوية ، فالشعيبات الرئوية ، وأخيراً الحويصلات الهوائية . وهناك يتم تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون . ويتم ذلك عندما تنقبض عضلة الحجاب الحاجز فيقل تحدبه أو ينبسط من جهة الصدر فتتمدد الرئتان تبعاً لذلك ويتخلخل الهواء الموجود فيهما ويصبح ضغطه أقل من ضغط الهواء الخارجي الجوي الذي يندفع الهواء الخارجي عن طريق الأنف عبر المسالك الهوائية إلى الرئتين .

٢ - عملية الزفير Expiration وهي عملية معاكسة تعقب عملية الشهيق ، تحدث من ارتداد عضلة الحجاب الحاجز وتتقوس جهة الصدر لارتخاء عضلاتها فيقل تبعاً لذلك حجم الفراغ الصدري ويضغط على الرئتين وعلى الهواء فيهما مما يسبب خروج هواء الزفير نتيجة لزيادة ضغط الهواء الداخلي عن الهواء الخارجي . ويسلك هواء الزفير نفس الطريق التي سلكها هواء الشهيق ولكن بطريقة عكسية .

تنظيم عملية التنفس

السؤال الذي يفرض نفسه هو : ما الذي ينظم أو يسيطر على الحركات التنفسية – عمليتي الشهيق والزفير ؟ سبق أن ذكرنا أنّ النخاع المستطيل توجد فيه مراكز عصبية مختلفة لأفعال انعكاسية مهمة ومتعددة ؛ ومن هذه المراكز مركز عصبي يعرف بالمركز التنفسي Respiratory Center يرسل سيالاته العصبية بصورة أوتوماتيكية عن طريق أعصاب معينة إلى عضلة الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع فيحفزها على الأنقباض ؛ وإذا توقفت هذه الاشارات العصبية – بسبب توقف المركز العصبي عن إرسالها – ارتخت تلك العضلات . وهكذا فإنّ عدد حركات التنفس وقوتها تتوقف على ما يرد من المركز التنفسي من سيالات عصبية . ويمكن تلخيص العوامل التي تؤثر على المركز العصبي التنفسي حفزاً أو تثبيطاً بعاملين : أحدهما كيماوي – يسيطر على حركة الشهيق ، والأخر عصبي – يسيطر على حركة الزفير ، ويتم ذلك كما يلي :

الأول : تركيز ثاني اكسيد الكربون في الدم (عامل كيماوي) ، وملخصه أنه كلما زاد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الدم زاد حفز المركز العصبي التنفسي، وبالتالي تزداد السيالات العصبية التي يرسلها إلى عضلات الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع المسؤولة عن الحركات التنفسية مما يؤدي ذلك إلى شهيق جديد . وإذا كان تركيز ثاني أكسيد الكربون قليلاً في الدورة الدموية فإنّ حفز المركز التنفسي يكون قليلاً وبذلك تبطؤ الحركات التنفسية .

الثاني : الأعصاب الحساسة التي توجد منتشرة في جدر الحويصلات الهوائية وفي النسيج الرئوي (عامل عصبي) ، من المعروف أنّ جدر الحويصلات الهوائية للرئة والنسيج الرئوي مزودة بعدد كبير من نهايات الأعصاب التي تتجمع وتنتهي إلى المركز العصبي التنفسي في النخاع المستطيل . ولهذا فإنّ انتفاخ هذه الحويصلات وتمدد جدرها يؤدي إلى سريان السيالات العصبية في تلك الأعصاب إلى المركز التنفسي فتثبطه وتجعله يتوقف عن إرسال سيالاته العصبية التي تؤدي إلى انقباض العضلات التنفسية ، وبالتالي ترتخي العضلات المسؤولة عن الحركات التنفسية فيضيق تجويف

الصدر وتعود الحويصلات الهوائية للرئة إلى الانكماش ويخرج هواء الزفير . وبعودة حويصلات الرئة إلى الانكماش ، تتوقف السيالات العصبية التي كانت تسري من جدرها إلى مركز التنفس أثناء انتفاخها ، وبذلك يتوقف تثبيط المركز العصبي التنفسي ويصبح عندئذ خاضعاً لتأثير أو سيطرة تركيز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الدم . وهكذا يستنتج أنّ الأعصاب الحساسة التي توجد منتشرة في جدر الحويصلات الرئوية لها عكس الأثر الذي يحدثه تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم ؛ وبعبارة أخرى تعتبر صمام أمان يمنع عملية الشهيق من تعدي الحد الأمثل المناسب .

أما **العوامل الأخرى** التي قد تؤثر على عملية التنفس فنذكر منها ما يلي :

١ - **الإجهاد العضلي** ، لوحظ أنّ الإجهاد العضلي يؤدي إلى زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الدم ، ولذلك كي يتخلص الجسم من هذه الكمية الزائدة من هذا الغاز لا بد له من زيادة معدل وعمق التنفس .

٢ - **التركيب الهوائي المستنشق** ، من المعروف أنّ زيادة النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون في هواء التنفس يسبب زيادة في كميته في هواء الرئتين ؛ وهذا يؤثر بالطبع على كيميائية الدم . ولهذا يزيد الجسم من عمق التنفس وسرعته وذلك للتخلص من كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الزائدة ، وهذا ما يحدث بالضبط عند تعرض الانسان لهواء في أماكن رديئة التهوية . ولكن ماذا يحدث لو نقصت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق ؟

٣ - **الضغط الجوي** ، إذا تعرض الإنسان لضغط جوي قليل (أقل من الضغط الجوي العادي) كما في سكان المناطق الجبلية العالية ، فإنّ ذلك يعني قلة في نسبة أكسجين الهواء وبالتالي قد يُصاب الانسان بالدوخان . ولهذا يلجأ الجسم لتعويض نقص الأكسجين بزيادة سرعة التنفس أو زيادة عدد كريات الدم الحمراء . ولكن ماذا يحدث لو تعرض الإنسان لضغط جوي مرتفع كما في سكان المناطق الغورية ؟

التنفس الخلوي Cellular Respiration

بعد إمداد خلايا وأنسجة الجسم المختلفة بالأكسجين ، يتم إحتراق أو أكسدة الغذاء داخل الخلايا في سلسلة طويلة من التفاعلات الكيماوية . إنّ تحطم جزيء

الجلوكوز نهائياً لانتاج الطاقة وثاني أكسيد الكربون والماء يتم في خطوتين هما :

١ - عملية الجلايكوله أو التنفس اللاهوائي Glycolysis وتتم - كما يدل الاسم - في معزل عن الأكسجين وفي السيتوبلازم . وفيها يتحلل جزيء الجلوكوز بعد مروره في تفاعلات كيميائية خاصة إلى جزيئين من حامض عضوي ثلاثي الكربون يعرف بحامض البيروفيك Pyruvic Acid وينتج من هذا التحول طاقة صافية تساوي (2 ATP) حسب المعادلة المختصرة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{أنزيمات}]{\text{تنفس لا هوائي}} 2\,C_3H_4O_3 + 2\,ATP$$

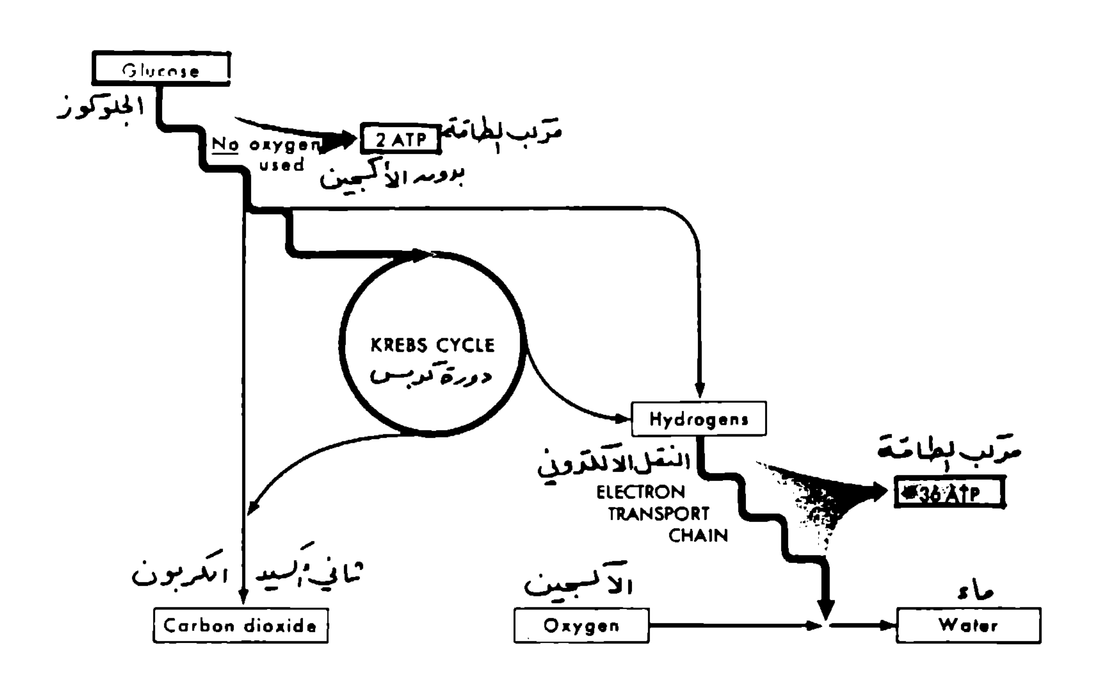
في حين تعرف عملية التنفس اللاهوائي في الكائنات الحية الدقيقة (كالبكتيريا والخميرة) بعملية التخمر الكحولي Fermentation حيث يتحطم جزيء الجلوكوز إلى الكحول الايثيلي وثاني أكسيد الكربون كما يلي :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{أنزيمات التخمر}]{\text{تنفس لا هوائي}} 2\,C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP$$

إلاّ أن هذه الطاقة غير كافية ، ولا يستطيع الانسان الاعتماد عليها للقيام بنشاطاته الحيوية . لذا لا بد من الاستفادة من حامض البيروفيك وتحطيمه وتحليله لانتاج طاقة أكثر؛ ويتم ذلك بوجود الأكسجين في الميتوكندريا (استعن بالشكل ١١-٢) وقارن كمية الطاقة الناتجة .

٢ – التنفس الهوائي في الميتوكندريا ويتم في خطوتين هما :

أ – دورة كربس Krebs Cycle وتحدث الدورة داخل المادة الأساسية للميتوكندريا . وفيها يتحول حامض البيروفيك بوجود الأكسجين ، بعد أن يدخل في تفاعلات كيميائية معينة ويفقد فيها جزيء ثاني أكسيد الكربون ، يتحول إلى حامض ثنائي الكربون يدعي حامض الأستيك (الخليك) Acetic Acid والذي لا يلبث أن يدخل في دورة كربس ويتحد مع حامض رباعي الكربون ليكون حامض الستريك Citric Acid ؛ عندها يمر حامض الستريك بسلسلة من التفاعلات البيوكيميائية فيها يخرج ثاني أكسيد الكربون وينتهي بتكوين مركب الطاقة ATP (الشكل ١١–٢) .



الشكل (١١–٢) : مسلك الكربون (الهوائي) في الميتوكندريا

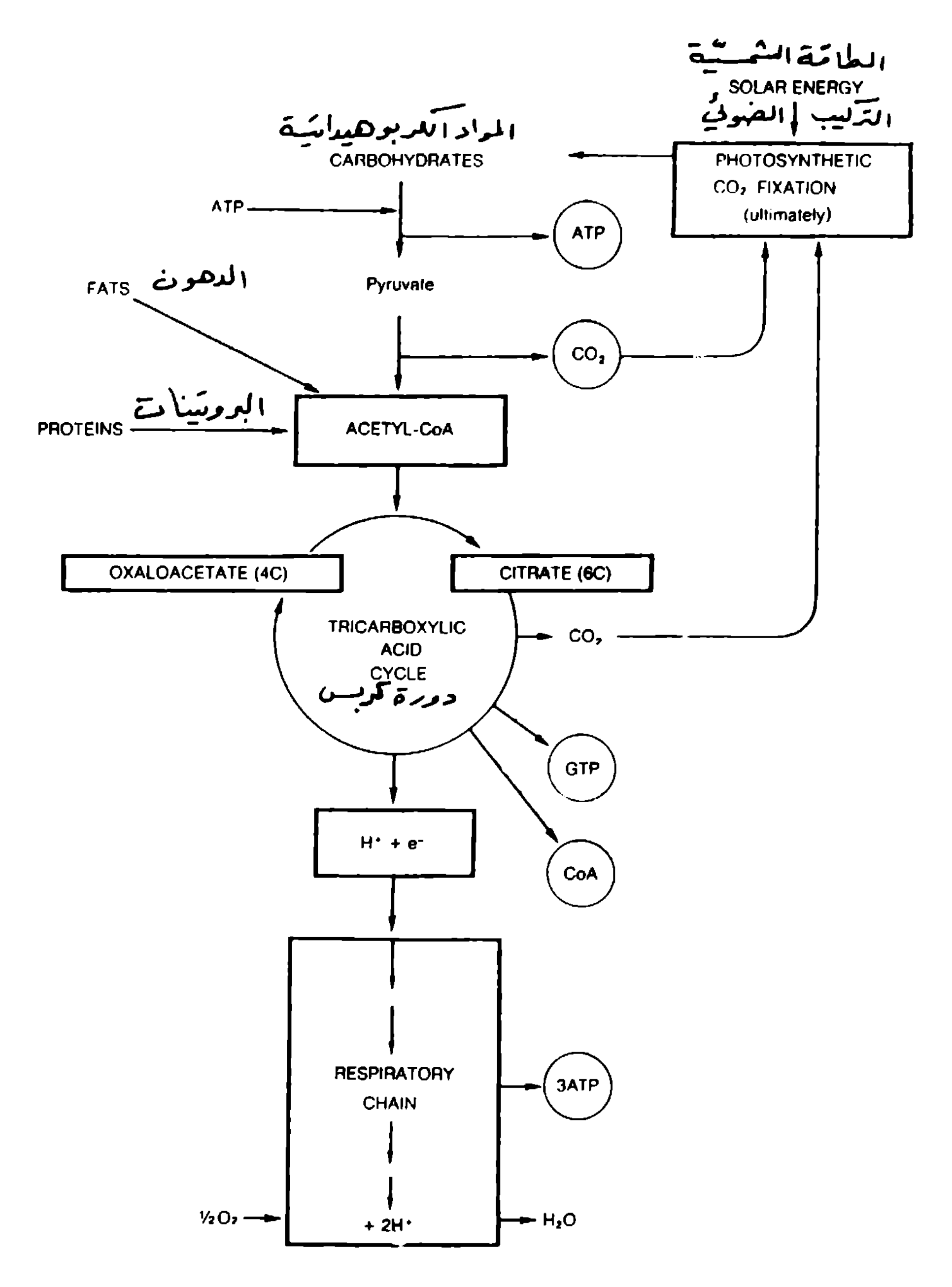
ب – سلسلة النقل الالكتروني (الهيدروجين) Electron Transport Chain

يرتبط الهيدروجين عملياً بالتفاعلات الكيميائية المحررة للطاقة والتي تحدث على الغشاء الداخلي أو أعراف الميتوكندريا . وفي سلسلة التفاعلات الكيميائية يتفكك سكر الجلوكوز خلالها ويفقد الكترونات الهيدروجين ، وهذه الالكترونات لا بد لها من عوامل ناقلة لها لتوصيلها إلى المستقبل (الأكسجين) ليتحد معها مكوناً الماء . ولما كان انتقال الالكترونات يتم في سلسلة من التفاعلات الكيميائية لذا يطلق عليها سلسلة نقل الالكترون .E.T.C أما العوامل الناقلة فتدعى بمرافقات الأنزيمات Coenzymes ؛ ومن عوامل النقل المستخدمة : + NAD ويدخل في تكوينه فيتامين النياسين Niacin وكذلك FAD ومكونه فيتامين الرايبوفلافين ، والسيتوكروم Cytochromes ثم العامل الأخير – الأكسجين الذي يستلم الالكترونات أخيراً لتكوين الماء ؛ ومن هنا تبرز أهمية الأكسجين في التنفس الهوائي . إنّ استخدام حاملات الالكترونات أكثر من مرة أمر مهم لأنها توجد في الجسم بكميات محدودة وقليلة وبخاصة وأن الفيتامينات تدخل في تركيب بعضها والتي يتم الحصول عليها مع الغذاء ، ولهذا نجد حاملات الهيدروجين تتخلص من الكتروناتها لتعود مرة ثانية للاستعمال وهكذا دواليك.

كما يمكن أن تقوم الميتوكندريا بأكسدة الأحماض الدهنية (الدهون) والأحماض الأمينية (البروتينات) من خلال تحويلها إلى مركبات وسيطة تدخل أخيراً دورة كربس لتتأكسد كما سبق ذكره (الشكل ١١–٣) .

أما النتيجة النهائية للتنفس الهوائي فهو إنتاج مركب الطاقة ATP وعددها (٣٦) يُضاف إليها (2ATP) من التنفس اللاهوائي ؛ وهكذا تصبح حصيلة التنفس الخلوي (38 ATP) . وعليه ، يمكن تلخيص معادلة أكسدة جزيء واحد من سكر الجلوكوز كما يلي :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \dashrightarrow 6\,CO_2 + 6H_2O + 38\,ATP$$

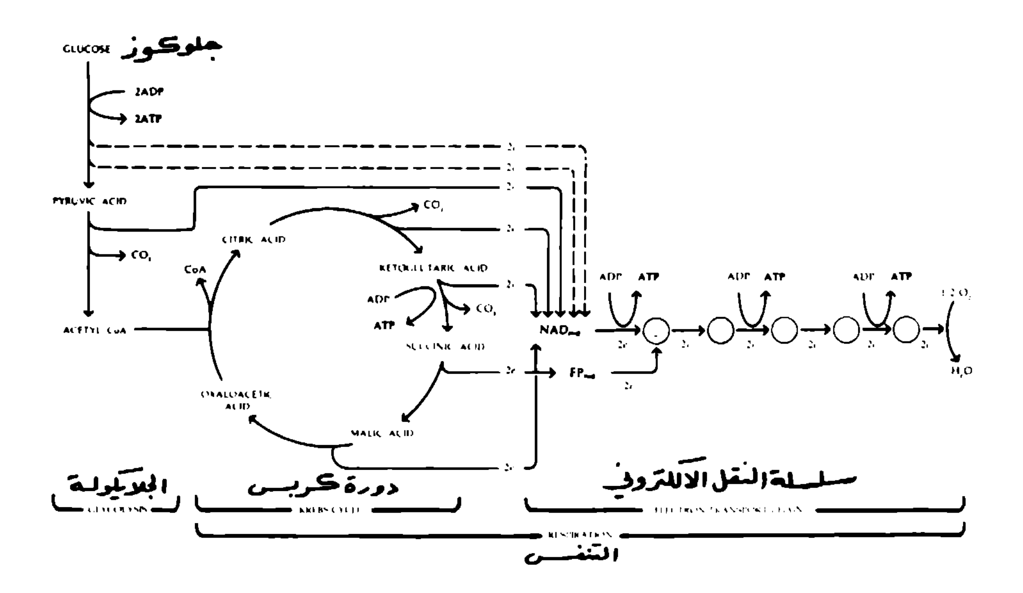


الشكل (١١-٣)

ملخص التنفس الخلوي للمواد الغذائية الرئيسية الثلاث :

المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينيّة

والشكل (١١-٤) يوضح باختصار التفاعلات الكيميائية والمركبات الأساسية في عملية التنفس الهوائي والتي تضم : الجلايكولة ودورة كربس وسلسلة النقل الالكتروني (الهيدروجين) .



الشكل (١١-٤)
خلاصة التفاعلات الكيميائية في التنفس الخلوي
الجلايكوله ودورة كربس والنقل الالكتروني

فاعلية التنفس :

إنّ احتراق جزيء واحد من سكر الجلوكوز احتراقاً كاملاً يعطي ما يعادل ٦٨٦ كيلوكالوري . بينما وجدنا أن أكسدة جزيء واحد من سكر الجلوكوز يعطي ٣٨ ATP . ولما كان كل مركب طاقة واحد من ATP يُعادل تقريباً (٨) كيلوكالوري فإنّ عدد الكيلوكالوري في التنفس الخلوي يُعادل (٣٨×٨ = ٣٠٤) . وبناء على هذا،

هل تستطيع أن تقدر كفاءة آلة الاحتراق عند الإنسان ؟

إنّ كفاءة آلة الإنسان تعادل تقريباً ٤٥٪ وهذه كفاءة عالية أفضل من كفاءة أية آلة اخترعها الإنسان نفسه . فعلى سبيل المثال ، كفاءة الآلة البخارية تعادل حوالي ١٠٪ فقط ؛ وهكذا نجد أنّ كفاءة الاحتراق عند الانسان أفضل بكثير (أربعة أضعاف) من كفاءة الآلة البخارية أو ربما أية آلة تسير على الطاقة البترولية حيث لا تزيد كفاءة أحسنها عن ٣٥٪ تقريباً ؛ أما الباقي من الطاقة الكلية للجلوكوز (٥٥٪) فتفقد على شكل حرارة يستفيد منها الجسم في تدفئته وحفظ درجة حرارته ثابتة ؛ إلاّ أنهّا (الحرارة) تصبح مشكلة في الجسم في فصل الصيف أو عند ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي لا بد للجسم من أن يتخلص منها بوسائل مختلفة مورفولوجياً وفسيولوجياً وسلوكياً.

الفصل الثاني عشر

الجهاز الهضمي Digestive system

قبل التحدث عن الجهاز الهضمي وعملية الهضم لابد من التحدث عن الغذاء والمواد الغذائية المختلفة التي يتناولها الانسان . والأغذية التي سنتحدث عنها هي نفسها التي تكون بروتوبلازم الخلية حيث إنّ الجسم يهضمها ويمتصها لتدخل في تركيب البناء الخلوي للانسان .

والتغذية هي الطريقة التي يحصل بها الانسان والكائنات الحية الأُخرى على أنواع الأغذية المختلفة . ولا بد للإنسان أن يكدح للحصول على الغذاء ومن ثم يتناوله فيهضمه ويمتصه الجسم لتأدية الوظائف والنشاطات الحيوية المختلفة . والغذاء هو أي مادة تدخل الجسم ويستفيد منها الجسم بأي شكل من الأشكال . ويحتاجه الانسان **لأداء الوظائف التالية :**

١ - يساعد على النمو (نمو الجسم) عن طريق بناء خلايا وأنسجة جديدة خاصة عند الصغار إذ نجدهم يأكلون بشراهة وباستمرار لأنهم في طور بناء ونمو الجسم .

٢ - إنتاج الطاقة اللازمة للنشاطات الحيوية المختلفة .

٣ - إنتاج حرارة تساهم في تدفئة الجسم وحفظ درجة حرارة الجسم ثابتة .

٤ – تجديد وتعويض ما يفقده الجسم باستمرار من خلايا وأنسجة خاصة عند الكبار .

٥ – وقاية الجسم من بعض الأمراض وتنظيم العمليات الحيوية في الجسم كما في العناصر الغذائية والفيتامينات .

ويمكن حصر المواد الغذائية التي يتناولها الإنسان في نوعين أساسيين (راجع الفصل الثاني) هما :

١ – الأغذية العضوية .

٢ – والأغذية غير العضوية .

أولاً : الأغذية العضوية Organic Food

عبارة عن مواد كربوهيدروجينية (كربون وهيدروجين) مستمدة أصلاً من الكائنات الحية الحيوانية أو النباتية أو غيرها . ويوجد منها ثلاثة أنواع هي :

١ – المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

وهي مركبات كيماوية عضوية تتألف من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين؛ وتكون نسبة الهيدروجين إلى الأكسجين كنسبتها في الماء (٢:١). وتعتبر من أهم وأكثر الأغذية التي يتناولها الانسان لدرجة أن أكثر من نصف غذائنا هو من أصل كربوهيدراتي سواء شعرنا بذلك أم لا . وتقسم المواد الكربوهيدراتية كما يلي (لمزيد من التفصيل راجع الفصل الثاني) :

١ – السكاكر : Sugars من الأغذية الكربوهيدراتية السكرية قصب السكر والشمندر السكري والبطاطا الحلوة والحلويات . ويعتبر السكر أبسط أنواع الأغذية الكربوهيدراتية ويؤدي وظيفتين هامتين هما :

١ – المصدر الرئيسي للطاقة للكائنات الحية .

٢ – المادة الأساسية لبناء جزيئات ومركبات كيميائية أخرى حيث تُعتبر كنقطة بداية لبناء مركبات كيماوية أكثر تعقيداً . فالسكر المأخوذ مع الغذاء يتحول إلى جلايكوجين في كبد الإنسان ؛ وأن أي زيادة في كمية السكر قد تتحول إلى مواد

دهنية تخزن في الجسم . وكذلك الحال بالنسبة لبناء البروتينات والأحماض الأمينية ؛ وهكذا فإنّ السكاكر تستخدم كنقطة بداية في سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية.

تتركب السكاكر من نفس العناصر المكونة للمواد الكربوهيدراتية (O,H,C) وتكون بنسبة ١:٢:١ على الترتيب ، ولهذا يرمز لها بالرمز (CH2O) . ويوجد ثلاثة أنواع من السكاكر هي :

١ - **السكريات الأحادية** Monosaccharides وهي أبسط أنواع السكريات ، وهي إما سكريات ثلاثية (مكونة من ثلاث ذرات كربون) أو رباعية أو خماسية أو سداسية . ومن السكريات الخماسية سكر الرايبوز Ribose الذي يدخل في تركيب بعض الأحماض النووية (RNA) و(DNA). ومن السكريات السداسية المألوفة سكر الجلوكوز (العنب) وسكر الفركتوز (الفاكهة) وسكر الجلاكتوز . واحتراق السكريات الأحادية ينتج طاقة وماء وثاني أكسيد الكربون ، وهي تعادل ٦٨٦ كيلو كالوريد في حالة احتراق أو أكسدة جزيء واحد من سكر الجلوكوز (الفصل الحادي عشر) تأكسداً كاملاً .

٢ - **السكريات الثنائية** Disaccharides تنتج هذه السكريات من اتحاد جزيئين من السكريات الأحادية بعد فقدها لجزيء واحد من الماء ؛ ويرمز لها كيماوياً بالرمز C12 H22 O11 كما هو موضح بالمعادلة التالية :

$$2\,(C_6H_{12}O_6) - H_2O \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11}$$

ومن **أمثلة السكريات الثنائية** ما يلي :

أ - سكر المالتوز Maltose أو سكر الشعير ، ويتكون من جزيئين من سكر الجلوكوز .

ب - سكر اللاكتوز Lactose أو سكر الحليب ، ويتكون من اتحاد جزيء جلوكوز وجزيء جلاكتوز .

جـ - سكر السكروز Sucrose أو سكر القصب ، وهو السكر الشائع في معظم النباتات ، ومنه السكر الذي نستخدمه يومياً في طعامنا والمعروف

بسكر الطاولة (المائدة)، ويتكون من اتحاد جزيء جلوكوز وجزيء فركتوز.

٣ - **السكريات العديدة** Polysaccharides تنتج هذه السكريات من اتحاد جزيئات كثيرة من السكريات الأحادية بعد فقد الماء ؛ وهي تتكون من سكريات أحادية مكررة ولهذا يرمز لها بالرمز n (C6 H10 O5) حيث n تدل على عدد الجزيئات المكونة للسكر . ومن **أمثلة السكريات العديدة** ما يلي :

أ - **النشا** Starch ويتكون من جزيئات عديدة من سكر الجلوكوز يختلف عددها حسب التعقيد فقد يصل ٥٠٠ جزيء أو أكثر . والنشا عادة خاص بالنباتات لا يذوب في الماء البارد إلاّ أنه يذوب في الماء الساخن بنسبة معينة . ومن أمثلة المواد النشوية التي نتناولها في الغذاء القمح (الخبز والكعك) والرز والبطاطا والذرة ... الخ .

ب - **الجلايكوجين** Glycogen ويتركب من وحدات مكررة من سكر الجلوكوز يختلف عددها لكنها أقل من نظيرتها في النشا ؛ بالاضافة إلى أنه يختلف عن النشا بالطريقة أو الرابطة التي ترتبط بها جزيئات السكر . والجلايكوجين خاص بالحيوان ولهذا يُطلق عليه « النشا الحيواني » ويخزن عادة في الكبد وفي عضلات الإنسان .

جـ - **السليولوز** Cellulose ويتركب من وحدات أو جزيئات كثيرة جداً من سكر الجلوكوز ، وبهذا يختلف عن النشا والجلايكوجين ؛ فهو إذن معقد التركيب قد تصل عدد الجزيئات المكونة له ألفي جزيء أو أكثر ؛ كما يختلف أيضاً بالرابطة التي تربط هذه الجزيئات بعضها ببعض . ويوجد السليولوز في جدر الخلايا النباتية وهو بذلك مكون أساسي للجدار الخلوي النباتي فيعطيه قوة ومتانة . أما من الناحية الغذائية فالانسان لا يستفيد منه إذ لا يستطيع هضمه (لماذا؟) لكنه يعتبر منشطاً للجهاز الهضمي بوجه عام . أما بالنسبة لكائنات حية أخرى فيعتبر السليولوز غذاء جيداً لها ، حيث إنّ بعضها له القدرة على هضمه والاستفادة منه . فالبكتيريا والفطريات وبعض

الطلائعيات وعدد من المفصليات (السمك الفضي) تملك أنزيمات خاصة يمكنها تحطيم السليولوز والاستفادة منه .

أما بعض الحيوانات الأخرى كالماشية (الأبقار) والنمل الأبيض Termites وبعض الصراصير فلها القدرة على الاستفادة من السليولوز نظراً لاحتواء جهازها الهضمي على كائنات حية (كالبكتيريا مثلاً) تساعدها على تحطيم مادة السليولوز .

د – **الكايتن** Chitin وهو سكريات عديدة تدخل في تركيب الهيكل الخارجي لقبيلة الحيوانات المفصلية الأرجل كالحشرات والقشريات وغيرها ؛ كما يدخل في تركيب جدر الخلايا الفطرية وبهذا يكسب الكائن الحي قوة وصلابة ومتانة. ويختلف عن بقية السكريات العديدة في أن عنصر النيتروجين يدخل في تركيبه الكيماوي .

٢ – المواد الدهنية Lipids

وهي مواد عضوية تتركب من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين ولكن نسب الذرات تختلف عن نظيرتها في المواد الكربوهيدراتية . يتألف جزيء الدهن من اتحاد ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية Fatty Acids مع جزيء واحد من الجلسرين Glycerol وذلك بعد فقدها للماء . وللدهون صفتان أساسيتان (راجع الفصل الثاني) هما :

أ – غير متأينة (غير مستقطبة) Nonpolar ولهذا فهي عديمة الذوبان في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر .

ب – تحتوي على نسبة عالية من الروابط : كربون – هيدروجين أكثر من المركبات العضوية الأخرى . ولهذا فهي تختزن كمية كبيرة من الطاقة إذا ما قورنت بالمركبات العضوية الأخرى . **وتؤدي الدهون وظائف هامة في الجسم هي :**

١ – مصدر هام لإنتاج الطاقة .

٢ – تشترك الدهون مع البروتينات في تركيب كثير من الأجزاء الخلوية كالغشاء

الخلوي والشبكة الأندوبلازمية ... والميتوكندريا (الفصل الثالث).

٣ – يمكن تخزين الدهون في مناطق خاصة في الجسم الفائض منها عن حاجة الجسم ومن ثم استخدامها وقت الحاجة .

٤ – ملء الفراغات الموجودة بين أعضاء الجسم وبذا تعمل كوسادة لها .

٥ – الدهون حاملة للفيتامينات وبخاصة الفيتامينات القابلة للذوبان بالدهون .

٦ – مادة عازلة تمنع فقد حرارة الجسم عن طريق الإشعاع والتوصيل .

توجد الدهون على عدة صور أو أشكال ؛ فمنها الشحوم Fat ، والزيوت Oil والشموع Wax . أو قد تصنف على شكل دهون حيوانية وأخرى نباتية . والدهون الحيوانية غالباً ما تكون صلبة مشبعة في درجات الحرارة العادية ؛ أما الدهون النباتية فغالباً ما تكون سائلة غير مشبعة في درجات الحرارة العادية . ولهذا توصف الأولى بالشحوم الحيوانية الصلبة والثانية بالزيوت النباتية السائلة . ومن الزيوت النباتية المستخدمة عندنا زيت الزيتون ، وزيت الفستق ، وزيت فول الصويا ، وزيت عباد الشمس... وزيت القطن . والدهون الحيوانية غالباً ما توجد في لحوم الحيوانات أو مشتقاتها كما في الزبدة والسمن ودهن الخراف والخنازير . أما الشموع فتدخل في تركيب الأعضاء الواقية للجسم أو تكون واقية للغطاء الخارجي كالجلد والفرو والريش وعلى أوراق النباتات الراقية وعلى الغطاء أو الهيكل الخارجي لبعض مفصليات الأرجل.

ومن المواد الكيماوية التي تُصنف مع الدهون الستيرولات (الستيرويدات) Steroids علماً بأنها لا تشبه الدهون من حيث تركيبها الكيماوي لكنها تصنف معها لاشتراكها بصفة أنها غير قابلة للذوبان بالماء (كالدهون) ، وتتكون من أربع حلقات كربونية . أما الكوليسترول Cholesterol فيصنف مع الدهون الفسفورية Phospholipids التي تدخل في تركيب وبناء الأجزاء الخلوية ، والهرمونات الجنسية ، وهرمونات القشرة الكظرية كلها ستيرولات . وفي الجسم ، تتكون من الكوليسترول الذي يُبنى ويركب في الكبد من الدهون المشبعة ويوجد عادة مع الغذاء كاللحوم والجبن وصفار البيض والتركيزات العالية منه تساهم في تصلب

الشرايين وارتفاع ضغط الدم .

٣ – المواد البروتينية Proteins

تتركب البروتينات من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين وعناصر أخرى كالكبريت والفسفور والحديد والمغنيسيوم والمنغنيز ؛ ونسب مكونات البروتين الأساسية كما يلي :

أ – كربون ٥٠–٥٥٪ . ب – أكسجين ٢٥–٣٠٪ . جـ – نيتروجين ١٥–١٩٪ . د – هيدروجين ٧٪ . هـ – كبريت ٥ر٠ – ٥ر٢٪ و – عناصر أخرى بنسب ضئيلة جداً .

ترجع أهمية البروتينات إلى أنها تدخل في بناء وتركيب الخلية ومكوناتها بما فيه البروتوبلازم . كما يعتمد الجسم عليها في بناء خلاياه وأنسجته المختلفة . والبروتينات تتركب من وحدات بنائية تسمى **الأحماض الأمينية** . وأبسط هذه الأحماض هو حامض الجلايسين . وعند اتحاد جزيئين من حامض الجلايسين مع بعضهما (أو حامض أميني مع آخر) يتكون ما يعرف بثنائي الببتيد Dipeptide بعد فقد الماء . وإذا أضيف حامض أميني آخر يتكون ما يعرف بثلاثي الببتيد Tripeptide وإذا اتحدت أحماض أمينية كثيرة مع بعضها البعض يتكون ما يعرف بعديد الببتيد Polypeptide . وعليه ، فإنّ البروتينات عبارة عن سلسلة طويلة من الأحماض الأمينية مرتبطة بعضها ببعض بروابط ببتيدية Peptide Bonds بعد فقدان جزيئات الماء . (لمزيد من التفصيل عن البروتينات، راجع الفصل الثاني) .

يدخل في تركيب البروتين حوالي (٢٠) حامضاً أمينياً أو أكثر قليلاً (٢٠–٢٦حامضاً حسب مصادر أخرى) ؛ يمكن لهذه الحوامض أن تترتب بطرق مختلفة حسب نوع البروتين لتعطي صوراً وأشكالاً مختلفة من البروتينات . وهي أشبه بأحرف اللغة التي تشكل عدداً لا حصر له من الكلمات ، ونتيجة لذلك نجد أن بروتينات أي كائن حي تختلف عن بروتينات كائن حي آخر ؛ ولهذا عند نقل بروتين من جسم حي إلى آخر فإنّه يسبب تكوين ما يعرف بالأجسام المضادة ولهذا نراعي ذلك سواء عند نقل الدم من شخص لآخر أو عند زراعة الأنسجة أو الأعضاء . ومن أمثلة البروتينات في الجسم نذكر ما يلي : الهيموجلوبين والأنسولين والميوسين ... الخ.

تقسم الأحماض الأمينية إلى قسمين :

١ - أحماض أمينية **أساسية** Essential a.a وهي أحماض لا يستطيع الجسم تكوينها أو بناءها ولا يستطيع البقاء بدونها . ولهذا لابد من الحصول عليها من مصادر غذائية حيوانية أو نباتية وعددها حوالي ثمانية أحماض نذكر منها : لايسين Lysine ، ليوسين Leucine ، وفالين Valine .

٢ - أحماض أمينية **غير أساسية** Nonessential a.a وهي أحماض يستطيع الجسم تكوينها كمعظم الأحماض الأمينية ؛ ويمكن الحصول عليها أيضاً مع بروتينات الحيوان والنبات على السواء . وبوجه عام ، توجد الأحماض الأمينية الأساسية في مصادر البروتين الحيوانية ومشتقاتها ، في حين توجد الأحماض الأمينية غير الأساسية في بروتينات الحيوان والنبات . ولهذا فإنّ الأشخاص الذين يعيشون على الغذاء النباتي (النباتيون) لابد لهم من تناول المواد البروتينية الحيوانية من حين لآخر للحفاظ على مستوى صحي مناسب . وتختلف البروتينات عن المواد الكربوهيدراتية والدهنية في أن قدرة الجسم محدودة جداً على تخزين البروتينات وإن حدث يكون عادة في العضلات والكبد . ولهذا لا بد للإنسان من تناول الغذاء البروتيني يومياً إذ من الصعب أن يتحمل الجسم نقصه في الغذاء . وكقاعدة عامة ، فإنّ الإنسان بحاجة إلى بروتين بشكل مستمر وبنسبة ١غم / كغم من وزن الجسم يومياً . كما تختلف البروتينات في حساسيتها للتغير في درجة الحرارة ، فارتفاعها أو انخفاضها يسبب تكسر الروابط وبالتالي تغير طبيعة وشكل البروتين أو تخثرها أو مسخها.

للبروتينات وظائف متعددة في الجسم منها ما يلي :

١ - بناء خلايا وأنسجة الجسم إما للنمو أو لتجديد ما تلف منها .

٢ - تشترك مع الدهون في بناء معظم الأجزاء الخلوية .

٣ - تدخل في تكوين بعض المركبات الهامة في الجسم كالانزيمات والهرمونات.

٤ - تستخدم لانتاج الطاقة إذا ما دعت حاجة الجسم لذلك وبخاصة عند نفاد المواد الكربوهيدراتية والمواد الدهنية . وبناء عليه ، فإنّ كمية الطاقة الناتجة من هذه

المواد كما يلي :

أ – ١ غم من المواد الدهنية يعطي عند أكسدته ٣ر٩ سعراً كبيراً .

ب – ١ غم من المواد الكربوهيدراتية يعطي عند أكسدته ٧٩ر٣ سعراً كبيراً .

جـ – ١ غم من المواد البروتينية يعطي عند أكسدته ١٢ر٣ سعراً كبيراً .

هذا ، ويقترح بعض العلماء بأن نحصل على حولي ٣٠٪ من طاقتنا من المواد الدهنية ، وعلى ٥٥٪ من المواد الكربوهيدراتية وعلى ١٥٪ فقط من المواد البروتينية . وهذه نسب معقولة إذا ما علمنا أن ما يزيد على نصف الغذاء الذي نتناوله من المواد الكربوهيدراتية ثم الدهنية فالبروتينية . ومن المواد الغذائية التي تستخدم كمصدر مهم للبروتينات هي : اللحوم على اختلاف أنواعها وأشكالها ومشتقات المصادر الحيوانية المختلفة كالبيض والجبن والحليب ؛ وفي النباتات توجد البروتينات بكثرة في نباتات العائلة البقولية كالعدس والحمص والفول والفاصوليا وفول الصويا ... ولهذا يُقال : إنّ «العدس لحمة الفقير» .

٤ – الفيتامينات Vitamins

الفيتامينات عبارة عن مواد عضوية كيميائية يحتاجها الجسم بكميات قليلة جداً إذا ما قورنت بحاجة الجسم للمواد الغذائية الأخرى ، ونقصانها يسبب اختلالاً في نشاط وتوازن الجسم فسيولوجياً وبالتالي ضعف الجسم وتعرضه للاصابة بالأمراض . ولهذا لابد للانسان من الحصول عليها مع غذاء مختلط متنوع يحتوي على الأغذية الحيوانية والنباتية على السواء . وقبل التحدث عن الفيتامينات نفسها لا بد من إبداء الملاحظات التالية على **خصائص الفيتامينات** :

١ – الفيتامينات كالأحماض الأمينية الأساسية لا يستطيع الجسم تكوينها ، ولهذا لابد له من الحصول عليها من الخارج مع المواد الغذائية التي يتناولها الإنسان .

٢ – تتأثر الفيتامينات بالحرارة وقد تقل أهميتها الغذائية تبعاً لذلك ؛ لهذا يفضل تناول الخضروات والفواكه (ما أمكن) طازجة أو عدم طبخها جيداً .

٣ – لا تستخدم الفيتامينات لإنتاج الطاقة في الجسم .

٤ – الفيتامينات ضرورية لبعض العمليات الحيوية في الجسم إذ إنّها تدخل في تركيب بعض المركبات الهامة مثل مرافقات الانزيمات Coenzymes التي تستخدم كعوامل ناقلة في التنفس الخلوي وغيرها .

٥ – لا تستخدم الفيتامينات لنمو الجسم ، إلاّ أنها ضرورية لاكتمال نمو الجسم نمواً طبيعياً وبالتالي مساهمتها في مقاومة الأمراض .

٦ – تسمى الفيتامينات عادة بأحرف أبجدية كأن نقول : فيتامين أ ، وفيتامين ب ، وفيتامين جـ ... وهكذا . ولكن بعد اكتشاف طبيعة وكيميائية الفيتامينات ، أصبحت الفيتامينات تعطي تسمية جديدة كأن نقول حامض الاسكوربيك لفيتامين جـ ، والرايبوفلافين لفيتامين B2 وهكذا .

٧ – تقسم الفيتامينات حسب ذوبانها : إما في الدهون أو في الماء . وعليه تقسم الفيتامينات إلى نوعين :

أ – فيتامينات تذوب في الدهون وهي فيتامينات A,D,E,K وقد تجمع في كلمة «ديك» DEAK.

ب – فيتامينات تذوب في الماء وهي فيتامينات C,B وقد تجمع في كلمة « بس » B C.

أولاً : الفيتامينات التي تذوب في الدهون Fat - Soluble Vitamins

١ – فيتامين A

المصدر الأساسي لهذا الفيتامين هو مادة الكاروتين Carotene ، وهي صبغة صفراء تعطي اللون الأصفر للجزر . كما توجد في بعض الخضروات والفواكه التي تكون فيها الصبغة الصفراء محجوبة . ولهذا نتوقع أن يوجد هذا الفيتامين في الخضار الصفراء والخضراء ؛ كما يوجد في صفار البيض وزيت السمك والكبد والزبدة . أما وظيفته الأساسية فهي المحافظة على نسيج طلائي للجلد والعين وبطانة جهازي التنفس والهضم، ولهذا نقص الفيتامين يسبب جفاف الجلد وقرنية العين مع ضعف البصر وربما (فقدان الرؤية) وتأخر في النمو .

٢ - فيتامين D

يوجد لهذا الفيتامين عدة أشكال منها D1,D2,D3 والمصدر الأساسي له هي مادة ارجستيرول Ergosterol ، وتخزن غالباً في مناطق مختلفة تحت الجلد ؛ فعند تعرض الجسم لأشعة الشمس (الأشعة الفوق بنفسجية) تتحول هذه المادة إلى أحد أشكال فيتامين D . كما يوجد أيضاً في كبد الحيوان وفي زيوت الأسماك والحليب والجبن وصفار البيض . ونقص هذا الفيتامين يسبب نقصاً في تكون وتشكيل العظام لأنه يساعد الجسم على الاستفادة من عنصري الكالسيوم والفسفور ؛ ولهذا فإنّ نقصه يسبب مرض الكساح Rickets ولين العظام وبخاصة عند الأطفال والصغار والحوامل .

٣ - فيتامين E

يوجد هذا الفيتامين في الخضروات الخضراء وفي الزيوت النباتية وبخاصة الزيت المستخرج من جنين القمح وكبد الحيوان والحليب وصفار البيض . وعلى الرغم أنّ هناك آراء مختلفة حول أهمية هذا الفيتامين ، إلاّ أنه يمكن القول بأنّ هذا الفيتامين ضروري لمنع تحلل كرات الدم الحمراء وبخاصة عند الصغار . كما يذكر أن له علاقة بالقوة التناسلية إذ إنّ نقصه يسبب ضموراً في الأجهزة التناسلية في الذكر والأنثى في حيوانات التجارب . أما في الانسان ، فعلى الرغم أنّ تأثيره غير مؤكد إلاّ أنّه يعتبر ضرورياً للنساء الحوامل ضد حالات الإجهاض ؛ كما قد يستعمل لمعالجة بعض حالات العقم عند النساء من حين لآخر .

٤ - فيتامين K

يوجد فيتامين K بكثرة في الخضروات والفواكه وفي صفار البيض والكبد واللحوم . وترجع أهميته إلى كونه ضرورياً لمساعدة الدم على التجلط (الفصل العاشر) . وبالتحديد لابدّ من توفره في الكبد حتى يمكن تكوين مادة بروثرومبين اللازمة لتجلط الدم . ولهذا فإنّ نقصه يعرض الجسم لخطر النزيف ، علماً بأنّ حوادث نقص هذا الفيتامين نادرة وأنّ متطلباتنا منه يمكن الحصول عليها عن طريق الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) الموجودة في الأمعاء والتي لها القدرة على تصنيع هذا الفيتامين وبالتالي سد حاجة الإنسان . لكنّ الأطفال الحديثي الولادة بحاجة كبيرة لهذا الفيتامين

وذلك لأنّ جهازهم الهضمي غالباً لا يوجد فيه بكتيريا ، ولهذا لابد من توفير هذا الفيتامين لهم بصورة جاهزة .

ثانياً : الفيتامينات التي تذوب في الماء Water - Soluble Vitamins

١ - فيتامين B المركب :

وهو عبارة عن مجموعة من الفيتامينات تذوب في الماء وله عدة أشكال يعرف منها ما يلي :

أ - فيتامين B1 أو ثيامين Thiamin ، ويوجد في الكبد والكليتين والدماغ والقلب والحبوب . يدخل في تركيب بعض الأنزيمات المرافقة الخاصة بدورة كربس ، ونقصه يسبب اضطراباً في العقل وضعف القلب ومرض « البري بري» مما ينجم عنه التهاب الأعصاب مع بعض التورمات في الجسم .

ب - فيتامين B2 أو الرايبوفلافين Riboflavin ويوجد في الحليب والبيض والكبد والحبوب ؛ وهو مكون رئيسي لحامل الاكترون (مرفق الأنزيم)FAD ونقصه يسبب تشقق في الشفتين مع التهاب جلدي واحمرار في العينين .

جـ - فيتامين B5 أو نياسين Niacin ، ويوجد في الحبوب والكبد واللحوم ؛ ويدخل في تركيب حامل الالكترون أو مرافق الأنزيم NAD ونقصه يسبب مرض البلاجرا Pellagra الذي يؤدي إلى التهابات جلدية مع التهابات لأغشية القناة الهضمية وقد يتورم اللسان ويحمر مع مضايقة في الفم ، وربما يتبع ذلك اسهال مع بعض التغيرات العصبية والنفسية .

د - فيتامين B6 أو بايريدوكسين Pyridoxin ويوجد في الأسماك والكبد والكليتين والحبوب ؛ يدخل في بناء بعض مرافقات الأنزيمات اللازمة لتمثيل الأحماض الدهنية والأمينية .

هـ - فيتامين B12 أو كوبلامين Cobalamin ويوجد في الدماغ والأسماك والكلاوي ؛ له علاقة في نضج كرات الدم الحمراء ومضاعفة مركب الوراثة DNA . ونقصه يسبب فقر دم أو أنيميا عند الإنسان نتيجة لسوء

تكوين كرات الدم الحمراء .

و - فيتامين بيوتين Biotin ويوجد في بياض البيض واللحوم وبعض الحبوب . هذا ويمكن لبكتيريا الأمعاء انتاجه وتكوينه . وأهميته تعود كونه له علاقة بتكوين البروتينات وتثبيت ثاني أكسيد الكربون ، ونقصه يسبب ألماً في العضلات مع ضعف عام في الجسم .

ز - فيتامين كولين Cholin وفولاسين Folacin وتوجد هذه الفيتامينات في كبد الحيوانات والخضروات الورقية ولها علاقة في تكوين الأحماض الأمينية وكرات الدم الحمراء في الجسم .

٢ - فيتامين C أو حامض الاسكوربيك Ascorbic Acid

ويوجد بكثرة في الحمضيات والبندورة والخضروات الورقية ، ويطلق عليه أحياناً بفيتامين الحمضيات . يتأثر هذا الفيتامين بالحرارة ، ولهذا ينصح تناول بعض الخضروات الحمضية (البندورة) طازجة . وترجع أهمية هذا الفيتامين إلى كونه ضرورياً لتشكيل وتكوين ألياف النسيج الضام والتي بدورها تعطي قوة وصلابة للنسيج الضام كما في الأوتار والأربطة وأدمة الجلد . ونقص هذا الفيتامين يؤدي إلى النزيف وخصوصاً لثة الأسنان ؛ كما يرافق ذلك آلام في المفاصل والعظام ، وهذه الأعراض مجتمعة يطلق عليها مرض الاسقربوط Scurvy. وهناك ازدياد في الأدلة العلمية التي تشير إلى أنّ لهذا الفيتامين علاقة وثيقة بالوظائف التي يؤديها جسم الانسان كتطور الدماغ والاجهاد العضلي وفقدان القدرة على الاحتمال ومقاومة العدوى وهي حالات يوصي المختصون بزيادة المقدار الذي يتناوله الإنسان من هذا الفيتامين . هذا وما زال الغموض يكتنف موضوع ما إذا كان فيتامين C يؤثر تأثيراً ايجابياً فيما يتعلق بمنع أمراض الزكام والبرد .

ثانياً : الأغذية غير العضوية Inorganic Food

تشمل الأغذية غير العضوية الأملاح المعدنية والماء (راجع الفصل الثاني) وهي:

١ - الأملاح المعدنية Minerals

تشكل الأملاح المعدنية ما يعادل ١٪ من وزن البرتوبلازم ، وأهمها ملح الطعام

(كلوريد الصوديوم) . وتوجد الأملاح بصورة متأينة وبذلك تكسب بروتوبلازم الخلية النشاط الكيماوي والفيزيائي (تنظيم اسموزي) . **ومن الأملاح المعدنية** نذكر ما يلي :

أ – أملاح الحديد :الحديد مكون أساسي لهيموجلوبين الدم حيث إنّ ٧٠٪ منه موجود في الهيموجلوبين والباقي في الكبد .

ب – أملاح الكالسيوم : وهي ضرورية لبناء العظام والأسنان وتجلط الدم لايقاف النزيف .

جـ – أملاح الفسفور : وهي تساعد مع الكالسيوم في بناء العظام والأسنان .

د – اليود : ويدخل في بناء هرمون الثيروكسين . وهكذا نجد أنّ الأملاح المعدنية مكملة للأغذية الأخرى ، وغالباً يحصل عليها الإنسان مع الغذاء في الخضروات والفواكة الطازجة ومنتجات الحيوانات الدهنية . ولكونها متأينة فإنّها تعطي الخلية قوة اسموزية معينة تعمل على حفظ وتوازن سوائل الجسم.

٢ – الماء : Water

من الصعب تحديد أو حصر أهمية الماء للإنسان أو الكائن الحي ، إلاّ أنّ الآية الكريمة « **وجعلنا من الماء كل شيء حي** » غطت أهمية الماء إذ لا حياة بدون الماء . ويحصل الإنسان على الماء عن طريق الشراب والغذاء . هذا ويمكن اجمال **أهمية الماء** كما يلي :

١ – يدخل الماء في تركيب خلايا وأنسجة وأعضاء الجسم . وبالرغم أنّ نسبة الماء في جسم الإنسان تختلف حسب العمر ، لكن يمكن القول بأنّ حوالي ٦٦٪ من وزن الجسم ماء . ولهذا نجد الإنسان قد يصوم عن الأكل مدة طويلة قد تصل شهرين أو أكثر إلاّ أنّه لا يستطيع بقاء تلك المدة بدون ماء لأنّ جسم الإنسان يتعرض لخطر الموت إذا فقد ١٠–١٢٪ من ماء الجسم .

٢ – وجود الماء بنسبة كبيرة في الجسم يسبب الليونة والمرونة له . ولهذا فإنّ فقد أية كمية من الماء تعرضه للتجعد والخطر وهذا ما يحدث في خريف العمر .

والماء بشكل عام ، يوجد داخل الجسم على ثلاث صور هي :

أ – داخل الخلايا Intracellular Fluid

ب – خارج الخلايا Extracellular F.

جـ - في بلازما الدم داخل الأوعية الدموية حيث يشكل الماء حوالي ٩٠٪ من بلازما الدم .

٣ - السعة الحرارية للماء عالية ، ولهذا فإنّ تغيرات الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيماوية لا يترتب عليها تغير يُذكر في درجة حرارة الجسم ، وذلك لقدرة الماء على امتصاص كمية كبيرة من حرارة الجسم دون تغير يذكر في درجة الحرارة .

٤ - التفاعلات الكيميائية داخل خلايا الجسم لا تتم إلاّ في وسط مائي (إضافة الماء أو إزالة الماء) ، ولهذا لا يتم هضم الغذاء إلاّ بوجود الماء .

٥ - للماء دور هام في إذابة الأملاح المعدنية (تأينها) والمواد الغذائية المهضومة وبالتالي يسهل امتصاص الجسم لها والاستفادة منها .

٦ - يدخل الماء في تركيب الافرازات الهاضمة للطعام كاللعاب (٩٩٪ ماء) والعصير المعدي ، كما يدخل في تكوين الدموع .

٧ - يساعد الماء على حفظ درجة حرارة الجسم ثابتة ، ويساعد ذلك أنّ الحرارة لتبخر (أو تصعيد) الماء عالية . ولذلك يكفي أن تتبخر كمية قليلة من الماء ليصحبه امتصاص كمية كبيرة من الحرارة وبالتالي خفض درجة الحرارة وبخاصة في الأيام الحارة وفي فصل الصيف .

٨ - يساعد الماء على التخلص من فضلات الجسم ، فيذيب المواد الضارة أو الزائدة عن حاجة الجسم ويحملها خارج الجسم إما على هيئة بول أو عرق؛ كما يسهل خروج الفضلات الصلبة (البراز) للخارج .

هضم الغذاء : Food Digestion

يتم هضم الغذاء بواسطة جهاز الهضم ؛ وفيه يجري تحويل المواد الغذائية: الكربوهيدراتية إلى سكريات ؛ والدهنية إلى أحماض دهنية وجلسرين ؛ والبروتينات إلى أحماض أمينية ؛ والأحماض النووية إلى نيوكليوتيدات قابلة جميعها للامتصاص والاستفادة منها . أمّا الجزء الذي يصعب هضمه أو امتصاصه ، فيطرد خارج الجسم على شكل فضلات صلبة تسمى البراز Feces.

تركيب الجهاز الهضمي

يتألف الجهاز الهضمي من قسمين هما : (أ) القناة الهضمية وتبدأ من الفم حتى فتحة الشرج (ب) ملحقات القناة الهضمية (الشكل ١٢-٢) .

أولاً : القناة الهضمية : Alimentary Tract

وهي عبارة عن أنبوبة طويلة تختلف أجزاؤها في الشكل وتمتد من الفم إلى فتحة الشرج . وفي الانسان تتركب من الأعضاء التالية :

١ – الفم Mouth

٢ – البلعوم Pharynx

٣ – المرئ Esophagous

٤ – المعدة Stomach

٥ – الأمعاء الدقيقة Small Intestine

٦ – الأمعاء الغليظة Large Intestine

٧ – الشرج Anus

ثانياً : ملحقات القناة الهضمية

وتشمل الأعضاء أو الغدد التي تقترن بالقناة الهضمية وهي :

١ – الغدد اللعابية Salivary Glands

٢ – الكبد Liver

٣ – البنكرياس Pancreas

ويمكن تلخيص **عملية هضم الغذاء** كما يلي :

١ – الفم : Mouth

عبارة عن فتحة أفقية في السطح الأمامي للرأس . وعلى الرغم أنه لا يتم هضم حقيقي للغذاء في الفم ، إلاّ أنّ الفم يودي وظيفة ميكانيكية مهمة في تقطبع الغذاء ، ويرجع الفضل بذلك إلى الأعضاء التالية :

أ – الأسنان Teeth

وهي أعضاء عظمية مثبتة في الفكين العلوي والسفلي ، وعددها يختلف حسب العمر ؛ فالأطفال مثلاً يملكون ما يعرف بأسنان الحليب أو الأسنان اللبنية Milk Teeth

وعددها (٢٠) سناً (١٠ في كل فك) ؛ بينما يملك الشخص البالغ ما يعرف بالأسنان الدائمة Permanent Teeth وعددها (٣٢) سناً (١٦ في كل فك) . ويتركب السن من (أ) التاج Crown ، (٢) والجذر Root ومنطقة عنق . وينقسم التاج إلى جزء ظاهر يعرف **بالتاج السريري** Crown Clinical **والتاج التشريحي** Anatomical C. الذي يتضمن عادة التاج السريري ويكون مغطى باللثة . كما يتضمن السن التركيبات التالية (الشكل ١٢-١) :

١ - المينا Enamel ويغطي التاج التشريحي للسن ، ويتألف من حوالي ٩٦٪ من مادة فوسفات الكالسيوم وبالتالي يتمتع بقوة كبيرة .

٢ - السمنت Cementum ويغطي جذر السن ، ويماثل العظم من حيث تركيبه .

٣ - العاج Dentine ويشكل أكبر جزء من السن ، كما يشبه العظم في تركيبه أيضاً .

٤ - اللب Pulp وهو نسيج رابط يملأ فراغ السن ومزود بأعصاب وأوعية لمفاوية ؛ ويمد السن بالمواد الغذائية خلال مراحل النمو والبلوغ الجنسي .

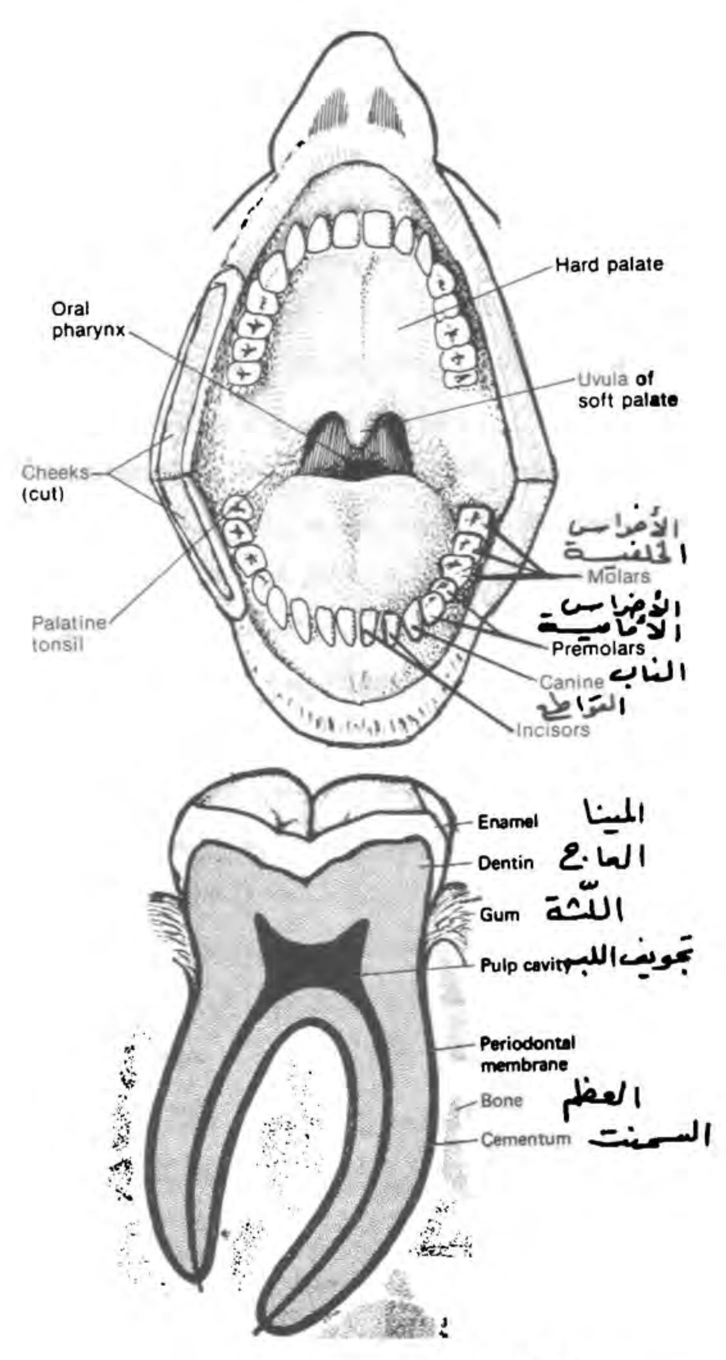
هذا ، ويوجد **أربعة أنواع من الأسنان** (في الإنسان) موزعة في كل فك كما يلي :

١ - القواطع Incisors وعددها ٤ أسنان حادة في كل فك ، وتوجد في الجزء الأمامي الوسطي أو في مقدمة الفم ، وظيفتها قطع أو قضم الطعام .

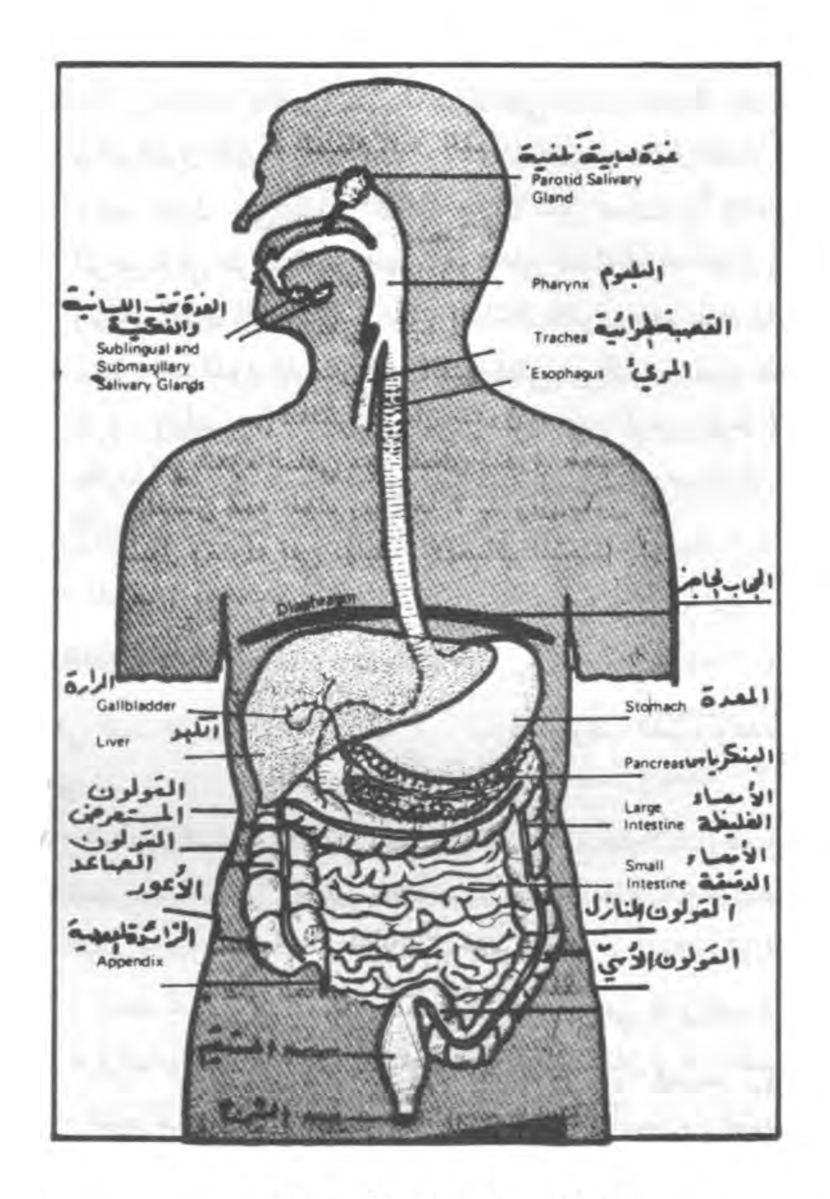
٢ - الأنياب Canines وعددها إثنان في كل فك ، تقع بالقرب من القواطع، وظيفتها تمزيق الطعام وبخاصة اللحوم .

٣ - الأضراس الأمامية Premolars وعددها أربعة تقع بعد الأنياب ، سطوحها عريضة غير مستوية ، ووظيفتها طحن وسحق الطعام .

٤ - الأضراس الخلفية (الطواحن) Molars وعددها ستة تقع بعد الأضراس الأمامية ووظيفتها طحن الطعام . وبهذا يكون عدد الأسنان ١٦ سناً في كل فك ؛ تعمل مجتمعة على قطع الطعام وتمزيقه وطحنه فيتحول إلى قطع صغيرة تمكن الأنزيمات الهاضمة من أن تتخللها فتؤثر عليها بفاعلية أكبر . ولهذا لابد من تقطيع الطعام ومضغه جيداً في الفم لأننا بذلك نزيد مساحة سطح الغذاء المعرض لفعل الأنزيمات ، وعكس ذلك يسبب عسر الهضم .



الشكل : (١٢-١) : تركيب السن



الشكل (١٢-٢) : الجهاز الهضمي

ب – اللسان Tongue

وهو عضو عضلي عريض يتصل بقاعدة الفم من الخلف بينما الطرف الأمامي حر الحركة ويتحرك في جميع الاتجاهات ، ووظيفته كما يلي :

١ – تحريك الطعام داخل الفم وخلطه بالعصارات الهاضمة .

٢ – تذوق الطعام ، إذ يتميز اللسان باحتوائه على حلمات مختلفة الحجم تسمى براعم الذوق Taste Buds تتصل بالأعصاب وظيفتها تذوق الغذاء . وتتوزع براعم الذوق على سطح اللسان بترتيب معين بحيث إنّ براعم الذوق الموجودة في طرف اللسان لها القدرة على تذوق المواد الحلوة والمالحة ؛ وبراعم الذوق الموجودة على حافتي اللسان تتذوق طعم المواد الحمضية ؛ بينما براعم الذوق الموجودة في الجزء الخلفي من اللسان تتذوق طعم المواد المرّة . والجدير بالذكر حتى يتذوق اللسان هذه المواد ويميزها لابد وأن يكون الطعام أو بعضه بشكل محلول حتى يسهل وصوله إلى نهايات الأعصاب المتصلة ببراعم الذوق ومنها إلى الدماغ لتمييزها .

٣ – المساعدة على النطق والكلام .

جـ – الغدد اللعابية Salivary Glands

وهي غدد خارجية الافراز تصب افرازاتها في تجويف الفم ، وعددها ثلاثة أزواج وهي :

١ – الغدد النكفية Parotid G. وهي غدد مصلية تقع أمام الأذن وتتصل قنواتها بتجويف الفم على الجانبين عند أضراس الفك العلوي ؛ وتفرز عادة انزيم التيالين Ptyalin .

٢ – الغدد تحدت اللسان Sublingual G. وتقع في قاع الفم ، وتصب افرازاتها بواسطة عدة قنوات صغيرة تفتح أسفل اللسان في قاع الفم .

٣ – الغدد تحت الفك Submaxillary G. وهي غدد أصغر من الغدد النكفية وتقع على جانبي الفك السفلي ، وتصب قنواتها على جانبي قاعدة اللسان .

ووظيفة الغدد اللعابية إفراز اللعاب Saliva ؛ واللعاب عبارة عن عصارة لزجة عديمة اللون تتركب من ٩٩٪ ماء وميوسين Mucin وبايكربونات الصوديوم ، تعمل على قلوية العصير ، وأنزيم الأميليز (تيالين) Amylase . وتعمل مادة الميوسين على ترطيب اللقمة الغذائية ، كما تحمي القناة الهضمية من الأنزيمات . ويتم افراز اللعاب

نتيجة رد فعل تنبيهي ينجم عن دخول الطعام في الفم أو رد فعل نفسي بمجرد رؤية أو شم أو حتى التفكير بالطعام ، وهذا يسبب أن ينقل التنبيه إلى مراكز اللعاب في المخ فترد الاشارات للغدد اللعابية مسببة إفراز اللعاب منها والذي قد يصل حوالي لتر (١٠٠٠ سم٣) يومياً . أما **فائدة اللعاب** فنوجزها بما يلي :

أ - ترطيب الكتلة الغذائية ليسهل مضغها وابتلاعها .

ب - يساعد في انزلاق اللقمة الغذائية لاحتوائه على مادة الميوسين .

جـ - يذيب بعض المواد الصلبة والأملاح المعدنية .

د - يساعد في تعديل تأثير المواد الحمضية على الأسنان الناتجة عن عمل البكتيريا لأنّ درجة حموضة اللعاب ما بين ٦-٧ .

هـ - اللعاب يحتوي على أنزيم الأميليز الذي يؤثر على المواد النشوية المطبوخة ويحولها إلى سكر المالتوز .

و - يذيب اللعاب بعض مواد الكتلة الغذائية مما ينبه أعصاب التذوق وبالتالي يستطيع اللسان تذوق الغذاء .

٢ - البلعوم : Pharynx

وهو أنبوبة عضلية قصيرة طولها حوالي ١٢ سم يتجه إلى أسفل ، وجدرانه مزودة بعضلات هيكلية ، ومبطن بنسيج طلائي مهدب غالباً ؛ ويعمل كحلقة وصل بين الفم والمرئ ، وتتصل به سبع فتحات هي :

أ - فتحة تجويف الفم .

ب - فتحتا الأنف الداخليتان .

جـ - فتحتا قناتي استاكيوس .

د - فتحة الحنجرة .

هـ - فتحة المرئ . ويمتد من البلعوم قناتان : قناة المرئ والقناة الهوائية التي تتألف من الحنجرة والقصبة الهوائية ، وهو بذلك ملتقى للممر الغذائي والممر التنفسي.

وظيفة البلعوم أنّه يساعد في ابتلاع الطعام وتحويله إلى المرئ . يبدأ البلع من اللسان فيدفع اللقمة الغذائية باتجاه البلعوم منه وإلى المرئ وفي هذا الأثناء لابد أن تغلق فتحة الحنجرة بواسطة لسان المزمار وبالتالي يتجه الغذاء نحو المرئ ولا يدخل القصبة الهوائية. أما عند التنفس فيكون لسان المزمار مرفوعاً يسمح بدخول الهواء إلى القصبة الهوائية فالرئتين .

٣ – المريء : Esophagous

قناة أنبوبية عضلية يبلغ طولها حوالي ٢٥–٣٠ سم ، تمتد خلف القصبة الهوائية فتخترق العنق والصدر ثم تمر عبر الحجاب الحاجز حتى تصل المعدة . يتركب الجزء العلوي من المريء من عضلات مخططة إرادية والسفلي يتركب من عضلات ملساء غير إرادية ؛ والعضلات هذه على نوعين طولية ودائرية وبالتالي تحرك المرئ حركة دودية تدفع وتوصل اللقمة الغذائية من البلعوم إلى المعدة .

٤ – المعدة : Stomach

كيس عضلي مرن ، طولها حوالي ٢٥سم وعرضها ١٠سم توجد أسفل الحجاب الحاجز ؛ يتركب جدارها كبقية القناة الهضمية ، من أربع طبقات من الأنسجة مرتبة من الخارج إلى الداخل كما يلي :

أ – الطبقة البريتونية أو الليفية Peritoneal (Serous) Coat

ب – الطبقة العضلية Muscular Coat

جـ – الطبقة تحت مخاطية SubMucosal Coat

د – الطبقة المخاطية Mucous Coat وتبطن داخل المعدة . والمعدة نفسها تقسم إلى أربع مناطق هي :

١ – منطقة الفؤاد Cardiac Region وهي مقدمة المعدة تتصل بالمرئ وتحتوي على الغدد الفؤادية التي تفرز الميوسين .

٢ – منطقة القاع Fundic Region وهي الجزء المحدب من المعدة تحتوي على الغدد الأساسية في المعدة وهي :

أ – خلايا الجسم الرئيسية Body Chief Cells وتفرز الأنزيمات المعدية.

ب – خلايا العنق الرئيسية Neck Chief Cells وتفرز مادة الميوسين .

جـ – خلايا جدارية Parietal Cells وتفرز حامض الهيدروكلوريك .

٣ – جسم المعدة Stomach Body ويشمل الجزء المركزي أو الأوسط للمعدة وتحوي بعض الغدد الجدارية .

٤ – منطقة البواب Pyloric Region وهو جزء المعدة الذي يتصل بالأمعاء، وتفرز مادة الميوسين وكمية قليلة من الأنزيمات المجزئة للبروتينات . وعند وصول الطعام المعدة تختلط اللقمة الغذائية بحامض الهيدروكلوريك اختلاطاً جيداً يقف عندها نشاط أنزيم الأميليز نظراً لتغير الوسط من وسط قاعدي إلى وسط حامضي . وللمعدة أهمية خاصة في هظم الغذاء وهي كما يلي :

١ – خزن مؤقت للغذاء .

٢ – إفراز العصارة المعدية Gastric Juices بفعل تنبيه ميكانيكي كوصول الغذاء للمعدة، أو تنبيه من إشارات عصبية مخية أو تنبيه هرموني . **وتتألف العصارة المعدية** بالإضافة إلى الماء وبعض الأملاح مما يأتي :

أ – حامض الهيدروكلوريك HC1 وترجع أهميته إلى :

١ – يهيء الوسط الحامضي لعمل الأنزيمات الهاضمة في المعدة ؛ كما يحول الأنزيمات غير النشيطة إلى أنزيمات نشيطة .

٢ – يؤثر الحامض على البروتينات ويحولها إلى صورة أسهل هضماً .

٣ – يعمل على تحليل السكريات خاصة الثنائية تحليلاً مائياً .

٤ – له تأثير مطهر إذ يعمل على القضاء على كثير من الميكروبات التي قد تدخل مع الطعام .

ب – الأنزيمات الهاضمة ، من هذه الأنزيمات ما يلي :

١ – أنزيم الببسين Pepsin يعمل في وسط حامضي ويفرز عادة بحالة

خاملة على صورة ببسينوجن Pepsinogen يؤثر عليها حامض الهيدروكلوريك وينشطه إلى أنزيم الببسين الذي يؤثر على البروتينات ويحللّها إلى مكوناتها الأصلية – الأحماض الأمينية .

٢ – أنزيم الرنين Renin وهو أنزيم خاص بصغار الثدييات وبخاصة صغار العجول الرضيعة ؛ يعمل في الوسط المتعادل ولذلك فإنّه لا يعمل إلاّ في معدة الأطفال حيث يكون الوسط قريباً من التعادل ؛ وهو يعمل على تخثر بروتين الحليب وبالتالي يبقى مدة أطول في المعدة .

٣ – أنزيم اللبياز Lipase وهو أنزيم خاص في الحيوانات التي تتغذى خاصة على اللحوم ؛ ويوجد في العصارة المعدية بكميات قليلة لذلك يُعتبر غير هام نسبياً وتأثيره في المعدة ضئيل ، وإن وجد يعمل على تحليل الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرين .

جـ – **مادة الميوسين** Mucin إنّ انفراد المعدة بافراز حامض الهيدروكلوريك لا يزال أمراً غامضاً خاصة وأن الأحماض المركزة تتلف وتحطم المواد العضوية. ولذلك ، قد يتبادر للذهن : لماذا لا يُهضم جدار المعدة بفعل افرازاتها ؟ إنّ إفراز المعدة لمادة الميوسين يعمل على حماية جدران المعدة من الجروح الميكانيكية والكيماوية ، وبالتالي تمثل طبقة واقية للمعدة . وعليه ، إذا ما فشلت المعدة بافراز هذه المادة فإنّ ذلك يسبب تآكلاً في خلاياها وأنسجتها وبالتالي تسبب ما يعرف بقرحة المعدة Peptic Ulcer .

٣ – تتحرك جدران المعدة الرئيسية حركة ذاتية تعمل على تجزئة الكتلة الغذائية حتى يتم خلطها بالعصارة المعدية وكذلك تسهيل تمريرها إلى الأمعاء الدقيقة .

٥ – الأمعاء الدقيقة : Small Intestine

أنبوبة عضلية طويلة كثيرة الإلتواء تشغل حيّزاً كبيراً من الفراغ البطني وتبدأ من منطقة البواب للمعدة حتى بداية الأمعاء الغليظة . ويبلغ طولها حوالي ٥–٦ أمتار .

وتقسم (الأمعاء الدقيقة) إلى ثلاثة أقسام هي :

١ - **الإثنا عشر** Duodenum وهو الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة ، يقع بعد المعدة وطوله حوالي ٢٠-٢٥سم ويبدو ملتوياً على شكل حرف C وله دور كبير في عملية هضم الغذاء حيث تصب فيه افرازات الكبد والبنكرياس .

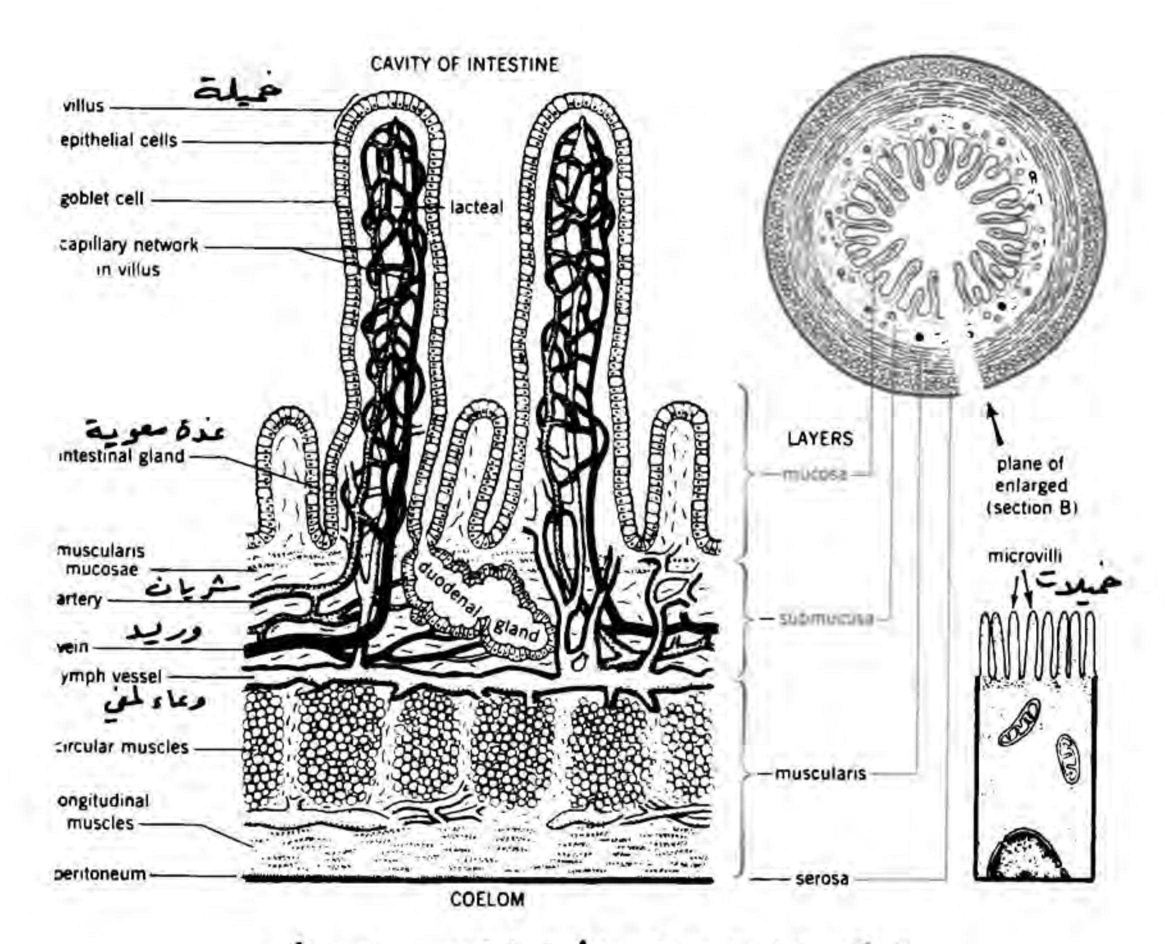
٢ - **الصائم** Jejunum وهو الجزء الذي يلي الإثني عشر أو الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة ويبلغ طوله حوالي ٢٥٠سم.

٣ - **اللفائفي** Ileum وهو الجزء الأخير من الأمعاء يقع بعد الصائم ويتصل بالأمعاء الغليظة عند منطقة الأعور ويبلغ طوله حوالي ٣٣٠سم .

تتصف الأمعاء الدقيقة ، من الناحية التشريحية ، باحتوائها على ثنيات كثيرة التجاعيد بأعداد هائلة بارزة كأصابع اليد تسمى خملات Villi كما يظهر نتوءات سيتوبلازمية على سطح النسيج الطلائي المعوي تسمى خميلات Microvilli (الشكل ١٢-٣) ؛ وتحتوي كل خميلة على شريان ووريد دقيق وقناة لبنية (لمفاوية) مع شبكة اتصال وعائية دقيقة جداً . وتعمل الخملات على زيادة مساحة السطح الهاضم والسطح الماص للأمعاء وبالتالي تصبح عمليتا الهضم والامتصاص أكثر فعالية (الشكل ١٢-٣).

ينظم بواب المعدة الكتلة الغذائية Chyme وهي على هيئة سائل غليظ القوام ، مرورها إلى الإثني عشر وتتعرض لتغييرات هامة أثناء مرورها في الأمعاء نتيجة لتعرضها للعصارات الهاضمة من **البنكرياس والكبد والأمعاء** وهي كما يلي :

أولاً : العصارة البنكرياسية Pancreatic Juices البنكرياس غدة تقع أسفل المعدة بين ثنيتي الأثني عشر ، يبلغ طولها حوالي ٢٠ سم ، تفرز عصارتها بتأثير هرموني وآخر عصبي ، وتبلغ حجم العصارة البنكرياسية ما بين ١٢٠٠ - ١٥٠٠سم٣ يومياً . وهي عصارة عديمة اللون درجة حموضها (PH) تساوي ٨ تحتوي على مركبات غير عضوية (١٪) أهمها بايكربونات الصوديوم مما يعطيها قوة قلوية لمعادلة العصارة المعدية الحامضية . وتحتوي العصارة البنكرياسية على أنزيمات تؤثر على المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية تصبها في الإثني عشر عبر قناة مشتركة ناتجة من اتحاد قناة البنكرياس والقناة الصفراوية . **والأنزيمات هي :**



الشكل (١٢–٣) : تركيب الأمعاء الدقيقة – خملات الأمعاء

١ – **أنزيمات تؤثر على المواد الكربوهيدراتية** (تذكر المقطع Ose – للسكريات والمقطع ase – للأنزيمات) وهي :

أ – الاميليز Amylase يؤثر على النشا فيحوله إلى دكسترين ثم إلى سكر ثنائي مالتوز .

ب – المالتيز Maltase ويحوّل سكر المالتوز إلى جلوكوز .

جـ – السكريز sucrase ويحول سكر السكروز إلى جلوكوز وفركتوز .

٢ – **أنزيمات تؤثر على المواد الدهنية وهي :**

أ – الليباز Lipase ويحول المواد الدهنية إلى أحماض دهنية وجلسرين .

٣ – **أنزيمات تؤثر على المواد البروتينية وهي :**

أ – التربسينوجن Trypsinogen وهو صورة غير نشطة لأنزيم التربسين ينشط بفعل أنزيم Enterokinase ويتحول إلى صورة نشطة – أنزيم تربسين الذي يؤثر على المواد البروتينية والببتونات ويحولها إلى أحماض أمينية .

ب – الكيموتربسين Chemotrypsin وهو صورة غير نشطة في الإثني عشر يعمل على تنشيط أنزيم تربسين ويؤثر على المواد البروتينية والببتيدات ويحولها إلى أحماض أمينية .

جـ – الكربوكسي ببتيديز Carboxypeptidase ويؤثر على الببتيدات ويفصل منها الأحماض الأمينية الطرفية من جهة مجموعة الكربوكسيل .

ثانياً : العصارة المعوية Intestinal Juices تحتوي الأمعاء الدقيقة على نوعين من الغدد هما:

١ – غدد الإثني عشر أو غدد برونر Bruner's Glands وتوجد في الإثني عشر وتنتشر في طبقة تحت المخاطية ، وتفرز مادة الميوسين التي تعمل على حفظ الغشاء المخاطي للإثني عشر بما فيه الأمعاء من الأضرار الميكانيكية أو الكيماوية التي قد تنشأ عن مرور الكتلة الغذائية الحامضية الخارجية من المعدة. كما تعمل على ترطيب الكتلة الغذائية وانزلاقها داخل الأمعاء .

٢ – الغدد المعوية Intestinal Glands تنتشر هذه الغدد في الطبقة المخاطية وتفرز عصارة قد يصل حجمها ثلاثة لترات يومياً نتيجة لعدة مؤثرات أو تنبيهات سواء كانت تنبيهاً ميكانيكياً لمجرد ملامسة الكتلة الغذائية للغشاء المخاطي أو تنبيهاً عصبياً أو هرمونياً . ومن **الأنزيمات الهاضمة** التي تحتويها **العصارة المعوية** ما يلي :

١ – المالتيز Maltase ويحلّل سكر المالتوز إلى جلوكوز .
٢ – السكريز sucrase ويحلّل سكر السكروز إلى جلوكوز وفركتوز .
٣ – اللاكتيز Lactase ويحلّل سكر اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز .
٤ – الأميليز Amylase ويحوّل النشا إلى دكسترين ثم إلى مالتوز .

٥ – ببتيديز Peptidase ويحول الببتيدات إلى أحماض أمينية .

٦ – إنتروكينيز Enterokinase وينشط أنزيم البنكرياس Trypsinogen ويحوله إلى تربسين Trypsin الذي يؤثر على البروتينات المحللة جزئياً إلى ببتيدات ثم إلى أحماض أمينية .

٧ – بولي نكليوتيديز Polynucleotidase ويحّول الأحماض النووية إلى Mononuceotides .

٨ – نكليوتيديز Nuceotidase ويحّول Mononucleotides إلى Nucleo-sides.

٩ – نكليوسيديز Nucleosidase ويحّول Nucleosides إلى قواعد نيتروجينية– بيورينات Purines وبيرميدينات Pyrimidines وبنتوز . ومما يساعد على مزج هذه الأنزيمات بالكتلة الغذائية امتزاجاً جيداً هو حركة الأمعاء الدقيقة نفسها حركة دودية Peristalsis مما يسهل خلط الأنزيمات والعصارات الهاضمة بالكتلة الغذائية وبالتالي يسهل عمل الأنزيمات .

ثالثاً : الكبد Liver : وهو أكبر غدة في جسم الإنسان ، يوجد تحت الحجاب الحاجز مباشرة في الجهة اليمنى من البطن . ويعتبر من أهم الأعضاء في التمثيل الغذائي في جسم الإنسان ، وهو مقسم إلى فصين كبيرين الأيمن والأيسر وفصين صغيرين بينهما . **ودور الكبد في الجسم يتلخص فيما يلي :**

١ – يفرز الكبد عصارة خاصة تسمى الصفراء Bile تمر في قناة الكبد Hepat-ic duct إلى القناة العامة وتخزن في كيس كمثري الشكل أسفل الكبد يسمى الحوصلة الصفراوية (المرارة) Gall Bladder . وتمر العصارة الصفراوية إلى الإثني عشر عن طريق القناة الصفراوية Bile Duct التي تفتح قرب بواب المعدة . والصفراء سائل أصفر مخضر يحتوي على أملاح وميوسين وكوليستيرول وأملاح الصفراء وأصباغ الصفراء التي تعطي الصفراء اللون المميز لها . **وتؤدي الصفراء وظائف هامة هي :**

أ – لها دور هام في هضم الدهون ، حيث تعمل على خفض قوة الجذب السطحي بين جزيئات الدهون وتحولها إلى مستحلب دهني لذا يزداد السطح المعرض من الدهون لفعل أنزيم اللبياز Lipase .

ب – تتحد مع بعض المركبات الدهنية غير القابلة للذوبان في الماء كحامض الاسيتاريك والكوليسترول والفيتامينات الذائبة في الدهون لتحولها إلى مركبات ذائبة في الماء يسهل امتصاصها .

جـ – تعمل على تحويل الوسط الغذائي من وسط حامضي إلى وسط قاعدي وذلك بالتعاون مع العصارة البنكرياسية وبالتالي تهيء الوسط المناسب لفعل الأنزيمات في الإثني عشر .

د – التخلص من بعض المواد التي لا حاجة للجسم بها مثل صبغات الصفراء التي هي نواتج هدم الهيموجلوبين ، إذ إنّ كرات الدم الحمراء عندما تهرم ينفصل منها الحديد ليحتفظ به الجسم بينما بقية المواد تتحول إلى مواد ملونة هي صبغات الصفراء لا تلبث أن تخرج مع البراز خارج الجسم . كما يمكن التخلص من بعض المعادن السامة كالنحاس فيمر مع الصفراء إلى الأمعاء وأخيراً مع البراز خارج الجسم .

هـ – العصارة الصفراوية مع العصارات الأخرى تحول دون تعفن الأطعمة في الأمعاء وبالتالي تحول دون الإمساك .

٢ – يعمل الكبد على هدم وتحطيم السموم التي تُمتص في الأمعاء وبالتالي يساهم في تنقية الدم منها كما في هدم الكحول وتحطيم المواد الكيماوية الأخرى .

٣ – حفظ نسبة السكر في الدم ثابتة أو العمل على تنظيمها فيتحول السكر الزائد إلى جلايكوجين يخزن في الكبد ويعمل على تحليله عند انخفاض نسبة السكر في الدم.

٤ – يعمل على فصل المجموعة النيتروجينية (الأمينية) NH2 من الأحماض الأمينية ويحولها إلى فضلات تسمى يوريا Urea لا تلبث أن تطرد خارج الجسم عن طريق

الكليتين .

٥ – **يصنع بعض المواد المعينة التي تساعد على تجلط الدم ، فخلايا الكبد عامل مهم في تكوين مادة بروثرومبين (بوجود فيتامين K) والتي بدورها تساهم في تجلط الدم .**

٦ – **مركز هام لتخزين الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون والأملاح المعدنية .**

٦ – الأمعاء الغليظة : Large Intestine

قناة واسعة عضلية طولها حوالي ١٦٠سم ؛ تختلف عن الأمعاء الدقيقة بأنّها أقصر ولا تحتوي على خملات . يتركب جدارها من عضلات طولية وأخرى دائرية . تنتشر الغدد المخاطية على امتداد الأمعاء في الطبقة الخاطية للأمعاء . **وتقسم الأمعاء الغليظة** (لاحظ الشكل ١٢–٢) إلى الأجزاء التالية :

١ – **الأعور** Cecum كيس قصير وسميك طوله حوالي ٦سم يقع تحت نقطة اتصال الأمعاء الدقيقة بالغليظة .

٢ – **الزائدة الدودية** Vermiform Process (Appendix) زائدة رفيعة مغلقة تتصل بالأعور ، تقع في الجهة اليمنى من الفراغ البطني طولها حوالي ١٢سم، لكنها تعتبر في الأنسان عضواً أثرياً لا وظيفة لها تلتهب أحياناً وتُزال؛ وهي مع الأعور لهما أهمية كبيرة في هضم الغذاء وبخاصة عند الحيوانات آكلة الأعشاب .

٣ – **القولون** Colon يلي الأعور ويمتد في البطن على شكل n ويتألف من : القولون الصاعد Ascending Colon والقولون المستعرض Transverse Colon والقولون النازل Descending Colon الذي ينتهي بجزء ملتو على شكل S يسمى القولون الأسيّة Sigmoid Colon .

٤ – **المستقيم** Rectum وهو الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة ، قصير وأرفع من الأمعاء الغليظة ، فيه تتجمع الفضلات وتتعفن استعداداً لطردها خارج الجسم على شكل براز Feces من فتحة الشرج Anus .

أما دور الأمعاء الغليظة في هضم الغذاء فيختلف حسب نوع الحيوان وغذائه ؛

ففي الإنسان يمكن القول بأنّ ليس لها دور في هضم الطعام لأن عملية الهضم تكون قد تمت بوصول الغذاء للأمعاء الغليظة ، إلاّ أن أهميتها (وظيفتها) تقتصر على ما يلي :

١ – امتصاص الماء وبعض الغازات والأملاح ، سواء الماء الداخل للجسم عن طريق الشراب أو الماء المفرز مع العصارات الهاضمة خلال عملية الهضم خاصة وأن كمية كبيرة من الماء تستخدم في عملية الهضم . ولهذا فإنّ عدم امتصاص الماء يعني جفاف الجسم وتعرض الإنسان لخطر الموت .

٢ – إنتاج المخاط من الغدد المخاطية للأمعاء الغليظة ، هذا المخاط مع الحركة الدودية للأمعاء يسهل مرور فضلات الطعام إلى الخارج .

٣ – تخزين المواد غير المهضومة (الفضلات – البراز) والعمل على تعفنها بواسطة بكتيريا الأمعاء حتى حين طردها خارج الجسم .

الامتصاص : Absorption

بانتهاء عملية هضم الطعام تكون المواد الغذائية الرئيسية قد تفككت وتحللت إلى عناصرها الأولية كما يلي :

١ – تتحلّل المواد الكربوهيدراتية إلى مكوناتها (وحداتها البنائية) الأولية – السكريات .

٢ – تتحلّل المواد الدهنية إلى مكوناتها الأولية – الأحماض الدهنية والجلسرين.

٣ – تتحلّل المواد البروتينية إلى مكوناتها الأولية – الأحماض الأمينية .

٤ – تتحلّل الأحماض النووية إلى مكوناتها الأولية – النيوكليوتيدات .

وبالنسبة لامتصاص هذه المواد الغذائية ، يمكننا القول أنّ الامتصاص يكاد يكون معدوماً في الفم والمرئ . أما في المعدة ، فقد يحدث امتصاص للماء والأملاح البسيطة ومواد أخرى كالكحول والعقاقير الأخرى . والمكان الطبيعي لعملية امتصاص المواد الغذائية المهضومة هي الأمعاء الدقيقة فهي مهيأة تشريحياً لامتصاص الغذاء إذ يحتوي كما سبق أن ذكر ، على خملات كثيرة جداً تزيد مساحة سطح الامتصاص ؛ وكل خميلة تحتوي على ثلاثة أنواع من الشعيرات : شعيرات شريانية ، وشعيرات وريدية ، وشعيرات لمفاوية . وعليه ، يتم **امتصاص نوا تج الهضم** في الخملات عن طريقين :

أ – يتم امتصاص السكريات الأحادية (خاصة الجلوكوز والفركتوز

والجلاكتوز) والأحماض الأمينية والأملاح المعدنية عن طريق الشعيرات الدموية الوريدية مارة بالكبد (الدورة البابيّة) ومنه إلى الوريد الأجوف السفلي فالقلب (الأذين الأيمن) .

ب - يتم امتصاص **الأحماض الدهنية والجلسرين** بواسطة **الشعيرات اللمفاوية** في الخمائل التي تتحد لتكون وعاء لمفاوياً يصب أخيراً في الوريد الأجوف العلوي فالقلب . وبوجه عام ، كلما زاد تركيز المواد في الكتلة الغذائية المهضومة مع أوزان جزيئية صغيرة سهل ذلك من عملية الامتصاص إلى الخملات . لكن يحدث أحياناً أن يكون تركيز المواد الغذائية أقل منه في الخملات (الوسط الغذائي يتميز بانخفاض تركيز المواد الغذائية المهضومة) ، عندها لابد أن يتم امتصاص الغذاء المهضوم عن طريق ما يعرف بالنقل النشط. وفيها يجري امتصاص جزيئات الغذاء ضد تركيز أعلى حتى يمكن للإنسان الاستفادة ما أمكن من الغذاء المهضوم لأنّ الاعتماد على امتصاص الغذاء عن طريق الانتشار البسيط والأسموزي غير كاف لاستمرار الحياة . هذه الطريقة (النقل النشط) تختلف عن الأولى بأنّها تستلزم طاقة ؛ والنظرية التي تفسر آلية النقل النشط عبر الأغشية تقترح أنّ جزيئات الغذاء المنقولة ترتبط مع « حامل » من البروتين أو الدهون ، أو انزيم خاص ينقلها إلى داخل الخلايا .

أمّا تبقى من الكتلة الغذائية فيمر إلى الأمعاء الغليظة ، إذ يجري هناك امتصاص كميات كبيرة من الماء لحفظ مستوى الماء في الجسم ثابتاً وبالتالي تجنب جفاف الجسم وتعرضه لخطر الموت . أما المواد غير المهضومة فتتجمع على شكل مواد صلبة تتعفن بفعل البكتيريا وتخزن لمدة معينة في المستقيم تُطرح خارج الجسم على شكل براز في الوقت المناسب . هذا ، ويستغرق الغذاء من تناوله حتى خروج الفضلات مدة من الزمن تختلف حسب متغيرات كثيرة ، وقد تستغرق الرحلة حوالي ١٢-١٦ ساعة في **الأحوال العادية** .

هذا ، ومما يجدر ذكره أنّ معظم نواتج الامتصاص تمر مع الدم مباشرة إلى الكبد الذي ينظم حاجات الجسم منها ويتلف أية مواد سامة قد تمتص من القناة الهضمية .

وعليه ، فالمواد الغذائية التي يستفيد منها الجسم تدخل بعد ذلك خطوات التحول الغذائي (الأيض) Metabolism الذي يشمل عمليتين متعاكستين هما :

١ - **عملية البناء** Anabolism وهي عكس عملية هضم الغذاء ؛ وفيها تحول المواد الغذائية البسيطة التراكيب إلى مواد معقدة تدخل ضمن تركيب الجسم . وعليه تتحول السكاكر إلى مواد نشوية تخزن على شكل جلايكوجين في الكبد والعضلات ؛ وتتحول الأحماض الدهنية والجلسرين خلال خطوات كيميائية معقدة إلى مركبات دهنية تخزن في مناطق مختلفة من الجسم خاصة تحت الجلد ؛ وتتحول الأحماض الأمينية إلى مواد بروتينية تُضاف إلى بروتينات الجسم .

٢ - **عملية الهدم** Catabolism وفيها تهدم أو تحترق (تتأكسد) المواد الغذائية الممتصة وتحلل إلى مواد بسيطة جداً لغرض إنتاج الطاقة لاستخدامها في مختلف النشاطات الحيوية في الجسم من نمو وتغذية وحركة ... وتكاثر . وإذا زادت عملية البناء على عملية الهدم فإنّ ذلك يسبب زيادة في وزن الجسم ، وإذا حدث العكس ، أي زادت عملية الهدم على عملية البناء ينقص وزن الجسم ، وإن تساوت العمليتان فإنّ الجسم يبقى ثابتاً .

الفصل الثالث عشر

الجهاز البولي Urinary System

كي يبقى الانسان أو الكائن الحي على قيد الحياة لا بد له أن يتناول المواد الغذائية على اختلاف أنواعها وصورها . كما لا بد له من أخذ الأكسجين ليتم أكسدة هذا الغذاء لانتاج الطاقة اللازمة لنشاطاته الحيوية . ونتيجة لذلك ، يتكون في الجسم مواد كيماوية تغير التركيب والتوازن الطبيعي لخلايا وأنسجة الجسم المختلفة خاصة التركيب الكيماوي للدم . ولكي يحافظ الجسم على توازنه البيولوجي والفسيولوجي لا بد للجسم من أن يتخلص من هذه المواد (الفضلات) والتي تكون إما ضارة (سامة) في الجسم إن بقيت فيه أو زائدة عن حاجته أو عديمة الفائدة . والعملية التي يتم التخلص بها من الفضلات تسمى الاخراج Excretion . والجهاز المباشر المسؤول عن ذلك هو الجهاز البولي بالتعاون مع أجهزة وأعضاء أخرى كالجلد وجهاز التنفس والجهاز الهضمي والغدد العرقية .

وكذلك بروتوبلازم الخلية ، له نظام معين خاص لا بد من المحافظة عليه في اتزان؛ ولما كانت هذه الخلايا ليس لها اتصال مباشر مع المحيط الخارجي إذن لا بد من أن تملك جهازاً معيناً يحافظ على اتزانها الكيماوي والفيزيائي ، أي لا بد من المحافظة على التوازن المائي والاسموزي في أنسجة الجسم المختلفة . وعليه لا بد من التخلص من المواد أو الفضلات الناتجة من عمليتي الهضم والتنفس ، خاصة ثاني أكسيد الكربون CO_2 والفضلات النيتروجينية والمواد الأخرى التي لو بقيت ربما تسبب ضرراً للجسم عن طريق اختلال توازنه الكيميائي والفيزيائي . **والجهاز البولي** يلعب دوراً هاماً في حفظ توازن خلايا وأنسجة الجسم في طريقه أو أكثر كما يأتي :

١ - إفراز البول وبالتالي التخلص من الماء الزائد عن حاجة الجسم .

٢ – التخلص من الفضلات النيتروجينية على شكل يوريا Urea (الانسان) مع البول .

٣ – التخلص من الأملاح المعدنية الزائدة عن حاجة الجسم وبالتالي التوازن الأسموزي لخلايا الجسم .

٤ – عزل المواد الغريبة التي قد تدخل تيار الدم كالسموم والعقاقير الأخرى .

تركيب الجهاز البولي

يتركب الجهاز البولي (الشكل ١٣–١) من الأعضاء التالية :

١ – الكليتان Kidneys

للإنسان كليتان موجودتان في الجهة الظهرية من تجويف البطن على جانبي العمود الفقري ؛ وتكون الكليتان مدفونتين في أنسجة شحمية تعمل على تثبيتهما في مكانهما باستمرار ، وغالباً ما تكون الكلية اليسرى أعلى قليلاً من الكلية اليمنى عند معظم الأشخاص . تشبه الكلية حبة الفاصوليا في شكلها ويبلغ طولها حوالي ١٢سم وعرضها ٦سم وسمكها ٣سم تقريباً . والسطح الخارجي للكلية محدب والداخلي مقعر في وسطه سرة تتصل به قناة الحالب والأوعية الدموية والأعصاب الصادرة والداخلة للكليتين .

إن **قطاعاً طولياً في الكلية** يبين أنّ نسيج كل كلية (لاحظ الشكل ١٣–٢–أ) يتكون من :

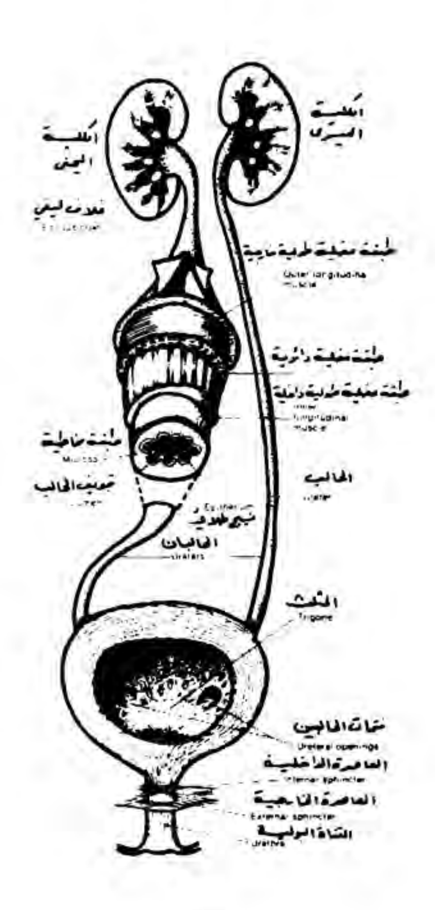
أ – القشرة Cortex وهي منطقة خارجية داكنة اللون الأحمر لاحتوائها على أوعية دموية كثيرة .

ب – النخاع Medulla وهي الجزء الداخلي من الكلية ، يمتد نحو الداخل مكوناً امتدادات هرمية الشكل تدعى اهرامات ملبيجي Malpighian Pyramids ؛ ويحيط النخاع بفراغ أو تجويف داخلي يعرف بحوض الكلية Kidney Pelvic ؛ ويتصل بحوض كل كلية أوعية دموية رئيسية هي :

١ – الشريان الكلوي Renal Artery ويحمل الدم المؤكسد لتغذية الكلية .

٢ – الوريد الكلوي Renal Vein ويجمع الدم غير المؤكسد من الكلية ويصبه في الوريد الأجوف السفلي ومنه للقلب .

كما يخرج من الكلية قناة الكلية وتسمى الحالب Ureter وينقل (الحالب) البول من الكليتين إلى المثانة البولية Urinary Bladder .



الشكل (١٣ – ١) : الجهاز البولي

أما من الناحية التشريحية الميكروسكوبية (المجهرية) فتتركب كل كلية من وحدات أنبوبية صغيرة جداً تسمى الوحدات الكلوية أو النيفرونات Nephrones؛ والنيفرون هي وحدة التركيب والوظيفة في الكلى . وتبدأ النيفرون من منطقة القشرة وتمتد إلى منطقة النخاع ، وتحتوي كل كلية على ما يزيد على مليون من النيفرونات، وهو عدد يفوق حاجة الكلية ذلك لأن بعضها يتعطل ويفسد لدرجة يمكن استئصال إحدى الكليتين – إذا بقيت الكلية الأخرى طبيعية – والعيش بكلية واحدة .

وتتركب كل **وحدة كلوية أو نيفرون** (الشكل ١٣–٢–ب) من الأجزاء التالية :

١ – **محفظة بومان** Boman's Capsule كيس مزدوج الجدران يحصر مجموعة كبيرة من الشعيرات الدموية يُطلق عليها الكبة Glomerulus ؛ والكبة تقع بين شريانين دقيقين هما : الشريان الوارد Afferent Arteriole وهو فرع دقيق من الشريان الكلوي يجلب الدم إلى الكبة ، والثاني الشريان الصادر Efferent Arteriole ويحمل الدم بعيداً عن الكبة أو المحفظة ككل .

٢ – **أنبوبة النيفرون** Nephric Tubule وهي أنبوبة خيطية رفيعة جداً وملتوية تتميز إلى الأجزاء التالية :

أ – الأنبوبة الملتوية القريبة Proximal Convoluted Tubule وتشكل الجزء الأول من أنبوبة النيفرون وتوجد في قشرة الكلية .

ب – إلتواء هنلي Henle's Loop انحناء رفيع جداً على شكل حرف U .

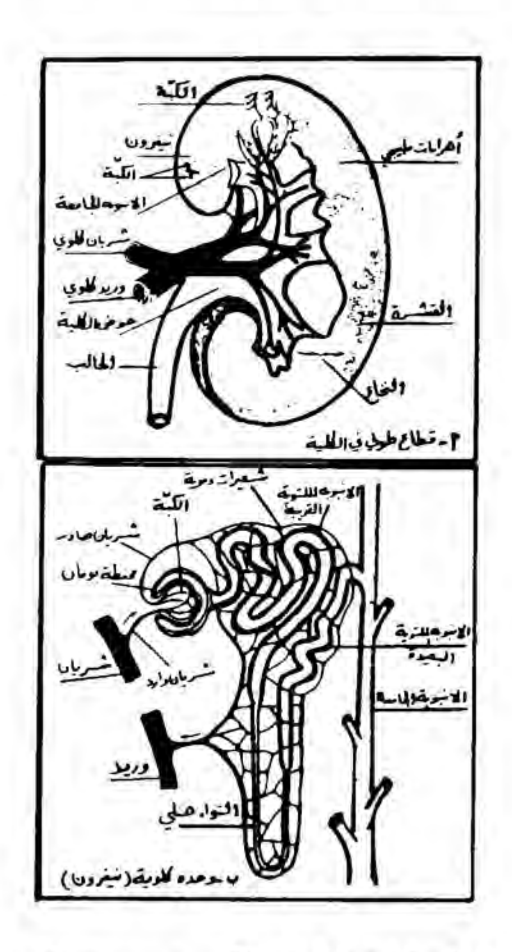
جـ – الأنبوبة الملتوية البعيدة Distal Convoluted Tubule وتشكل الجزء الثالث من أنبوبة النيفرون وتوجد في قشرة الكلية ؛ وتصب هذه الأنبوبة مع نظيراتها في أنبوبة واسعة تُدعى الأنبوبة الجامعة Collecting Tubule التي تفتح بالقرب من اهرامات ملبيجي حيث تفرغ محتوياتها في حوض الكلية ، الحوض الذي يجمع البول قبل أن يمر إلى الحالب والمثانة البولية .

٢ – الحالبان Ureters

الحالب أنبوبة رفيعة يبلغ طوله حوالي ٣٠ سم وسمكه سمك قلم الرصاص ؛ يعمل على توصيل البول من حوض الكلية إلى المثانة البولية .

٣ – المثانة البولية Urinary Bladder

كيس عضلي ذو جدر عضلية قوية موجودة في تجويف الحوض ، تستخدم لخزن البول بشكل مؤقت حتى حين تفريغه . يتكون جدر المثانة من عضلات ملساء يضيق الجزء السفلي منها ويكوّن ما يعرف بعنق المثانة التي تتميز باحتوائها على عضلات دائرية عاصرة تتحكم في إخراج البول . وللمثانة القدرة على الانقباض والإنبساط لدرجة أنها تتسع في المعدل لحوالي لتر من البول في وقت واحد ؛ وللمثانة ثلاث فتحات : فتحتان تتصلان بالحالبين والفتحة الثالثة تفتح على الفتحة البولية .



(الشكل ١٣–٢) أ – قطاع طولي في الكلي. ب – وحدة كلوية – نيفرون

وعندما تمتلىء المثانة بالبول ، حوالي ٣٠٠سم٣ بول في العادة ، يحدث لجدرانها إنقباضات متوالية إنذاراً باخراج محتوياتها . وعند التبول تنقبض عضلاتها وترتخي العضلة العاصره فيمر البول في مجرى القناة البولية Urethera ثم عن طريق الفتحة البولية أو البولية التناسلية (تختلف في الذكر والأنثى) إلى الخارج .

عمل النيفرون وافراز البول

كيف تقوم النيفرون (أو النيفرونات) **بوظيفتها لافراز البول ؟** إنّ عملية تكوين البول تحدث على ثلاث مراحل كما يلي :

١ - **الترشيح** Filteration بيّنا سابقاً أنّ القلب يدفع الدم تحت ضغط معين من انقباض وانبساط عضلة القلب ، ونظراً لاختلاف السمك أو القطر بين الشريان الوارد والشعيرات الدموية للكلية فإنّه يتكون ضغط عال (قد يصل ٧٠ ملم زئبق) ينتج منه أن يرشح الجزء السائل من الدم خارج الشعيرات فينفذ خلال جدر محفظة بومان إلى تجويفها ويسمى الراشح Filterate مع ملاحظة أنّ الدم لا يخسر بروتيناته إذ إنّ جدر الكبة منفذة للماء ولبعض الجزيئات الصغيرة ، ويتكون الراشح بمعدل ١٢٥سم٣ في الدقيقة أي ما يعادل ٢٠٠ لتر يومياً .

٢ - **إعادة الإمتصاص** Reabsorption عند مرور السائل الراشح عبر الأنابيب البولية يحدث فيها امتصاص الماء خاصة في التواءات هنلي ، ولولا ذلك لتعرض الجسم إلى نقص شديد في الماء وبالتالي تعرض (الانسان) لخطر الجفاف والموت . لكنّ إعادة امتصاص الماء ، تحافظ على نسبة ماء الجسم ثابتة ويكون الامتصاص نتيجة لاختلاف في القوة الأسموزية ؛ كما يجري امتصاص انتخابي للمواد النافعة للجسم ومنها الأملاح المعدنية والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجلسرين والهرمونات والفيتامينات والسكر . وامتصاصها يحتاج إلى طاقة لأنها عملية نقل نشط تعيدها أخيراً إلى الدورة الدموية العامة في الجسم .

٣ - **الإفراز** Secretion بالإضافة إلى إعادة امتصاص كميات كبيرة من الماء والمواد النافعة الأخرى ، فإنّ جدر الأنابيب الملتوية البعيدة قادرة على استخلاص بعض المواد العضوية الغريبة أو بعض مخلفات التمثيل الغذائي كمادة الكرياتينين Creatinine

أو بعض السموم أو العقاقير الأخرى من الدم وتضاف هذه المواد إلى سائل البول الذي يتجمع في حوض الكلية ومنه ينتقل عبر الحالب إلى المثانة البولية حيث يتجمع البول هناك حتى حين التخلص منه عن طريق الفتحة البولية .

البـــول Urine

سائل أصفر اللون يحتوي على مخلفات التمثيل الغذائي للمواد البروتينية وبعض الأملاح المعدنية والصبغات الملونة ، له رائحة مميزة تختلف حسب نوع الغذاء ، وهو ذو تأثير حامضي له درجة حموضة حوالي (٦) . وتختلف كمية البول المفرزة يومياً حسب درجة الحرارة أو الفصل ، إذ يقل البول صيفاً ويزداد شتاء (لماذا ؟) ، وقد تصل كمية البول ما بين ٢ر١ – ٥ر١ لتر يومياً ، وتحتوي على **المركبات الرئيسية** التالية بوجه عام :

أ – ماء ٩٦٪ .

ب – مواد صلبة ذائبة حوالي ٤٪ .

والجدول (١٣–١) يبيّن تركيب البول العادي وخصائصه المتجمع خلال ٢٤ ساعة .

ومن المواد الصلبة الموجودة في البول الفضلات النيتروجينية المسماة اليوريا (البولينا) ؛ وهي تشكل حوالي ٤ر٢٪ من حجم البول ؛ وتعتبر اليوريا الصورة الرئيسية التي يتخلص بها الإنسان من نواتج هدم المواد الغذائية البروتينية ، وكذلك بعض الأملاح المعدنية كالكلوريدات والفوسفات والكبريتات لعناصر مختلفة كالصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والكرياتنين (جدول ١٣–١) .

أمّا اليوريا ، فتدل التقارير العلمية أنّ الكبد هو المكان الأساسي لتكوينها في الجسم ، لذا فضعف الكبد أو الاضطراب في وظائفه الفسيولوجية يعني تراكم الأحماض الأمينية في الدم ، حيث تتعرض هذه الأحماض إلى ما يعرف كيميائياً بنزع الأمين Deamination وفيها تفصل مجموعة الأمين NH2 وما تبقى من الحامض الأميني (O,H,C) يتحول إلى جلايكوجين في الكبد . ونتيجة لنزع الأمين تتكون الأمونيا NH3 كناتج ثانوي ، وهي مادة سامة لا بد من التخلص منها فوراً لكنها تحتاج

إلى كميات كبيرة من الماء لا يستطيع الكائن الحي التصرف بذلك إلاّ إذا كان الماء متوفراً في بيئته ولا يشكل عاملاً محدداً لحياته كما في الكائنات الحية الصحراوية .

جدول (١٣-١)

تركيب البول المتجمع خلال ٢٤ ساعة (الحجم ١٢٠٠ مللتر)

الحجم	:	١٢٠٠ مللتر
اللون	:	سائل أصفر اللون
الشفافية	:	رائق / صافٍ
الرائحة	:	رائحة مميّزة حسب نوع الغذاء
الحموضة	:	٦ (٧ر٤ - ٠ر٨) PH
الكثافة النوعية	:	٠٢ر١
مجموع المركبات الصلبة	:	(٦٠) غم
أمونيا (كأملاح)	:	٧ر٠ غم
كالسيوم	:	٢ر٠ غم
كلوريدات (مثل NaCl)	:	١٢ غم
كريتين Creatine	:	٠٣ر٠ غم
كريتينين Creatinine	:	٤ر١ غم
مغنيسيوم	:	١ر٠ غم
بوتاسيوم	:	٢ غم
صوديوم	:	٤ غم
يوريا	:	٣٠ غم
أخرى	:	٦ر٩ غم

لكن الإنسان ومعظم الثدييات الأُخرى تلجأ إلى طريقة أخرى اقتصادية للماء وذلك بتحويل الأمونيا إلى يوريا في الكبد . وللتخلص منها تسير في الدورة الدموية حتى تصل الكليتين ويتم التخلص منها مع البول كما سبق الذكر . **وكدراسة مقارنة،**

يوضح الجدول (١٣-٢) موازنة الماء عند الانسان مقارنة بالجرذ الكنغري (حيوان صحراوي من الثدييات) الذي لا يشرب الماء .

جدول (١٣-٢)

موازنة الماء عند الانسان والجرذ الكنغري

	الانسان (٪)	الجرذ الكنغري (٪)
١ - **مدخلات الماء :**		
أ - الشرب	٤٨	صفر
ب - الماء مع الغذاء	٤٠	١٠
جـ - ماء الأيض	١٢	٩٠
٢ - **مخرجات الماء :**		
أ - البول	٦٠	٢٥
ب - التبخر (الجلد والرئتان)	٣٤	٧٠
جـ - البراز	٦	٥

بالاضافة إلى ما سبق ، تلجأ بعض **الحيوانات الصحراوية** إلى التخلص من الفضلات النيتروجينيّة على شكل حامض يوريك Uric Acid نظراً لضعف سميّته ، ولأنّه يحتاج إلى كميات قليلة جداً من الماء (مقارنة بالأمونيا واليوريا) للتخلص منه ، ولامكانية تخزينه على شكل بلورات أو في الهيكل الخارجي للحيوان الذي يتم التخلص منه أثناء الانسلاخ . وباختصار ، يبيّن الشكل (١٣-٣) الفضلات النيتروجينية الرئيسية التي تتخلص منها الحيوانات بوجه عام ، وهي كما يلي :

١ - **الأمونيا** ، كما في معظم الحيوانات المائية - التي تعيش في الماء بما فيها يرقات الضفادع .

٢ – **اليوريا** ، كما في الثدييات (بما فيها الانسان) ، وبعض الأسماك الغضروفية كسمك القرش ، والضفادع البالغة .

٣ – **حامض اليوريك** (أو حامض البوليك) ، كما في الطيور والزواحف (الأفاعي والسلاحف والسحالي) ، والحلازين الأرضية التي تعيش على اليابسة وبخاصة في الصحراء ، والحشرات .

٤ – **الجوانين** ، كما في العناكب .

AMMONIA أمونيا
UREA يوريا
URIC ACID حامض اليوريك
GUANINE جوانين

الشكل (١٣-٣) : الفضلات النيتروجينية الرئيسية

وبوجه عام ، فإنّ للتركيب الكيميائي للبول (إضافة إلى تحليل الدم والبراز) أهميّة كبيرة في عالم الطب ؛ فتحليل البول يعطي معلومات طبيّة قيمة حتى كان لوقت قريب التشخيص الأول للإستدلال على أمراض مختلفة ؛ فعلى سبيل المثال – لا الحصر – وجود نسبة معينة من السكر في البول تُشير إلى احتمالية إصابة الشخص بمرض السكري ؛ وأنّ وجود الدم أو كريات الدم الحمراء مع البول تعطي إشارة إلى احتمال وجود نزيف في مكان ما في أجزاء الجسم المختلفة ... وهكذا .

الفصل الرابع عشر

الجهاز التناسلي Reproductive System

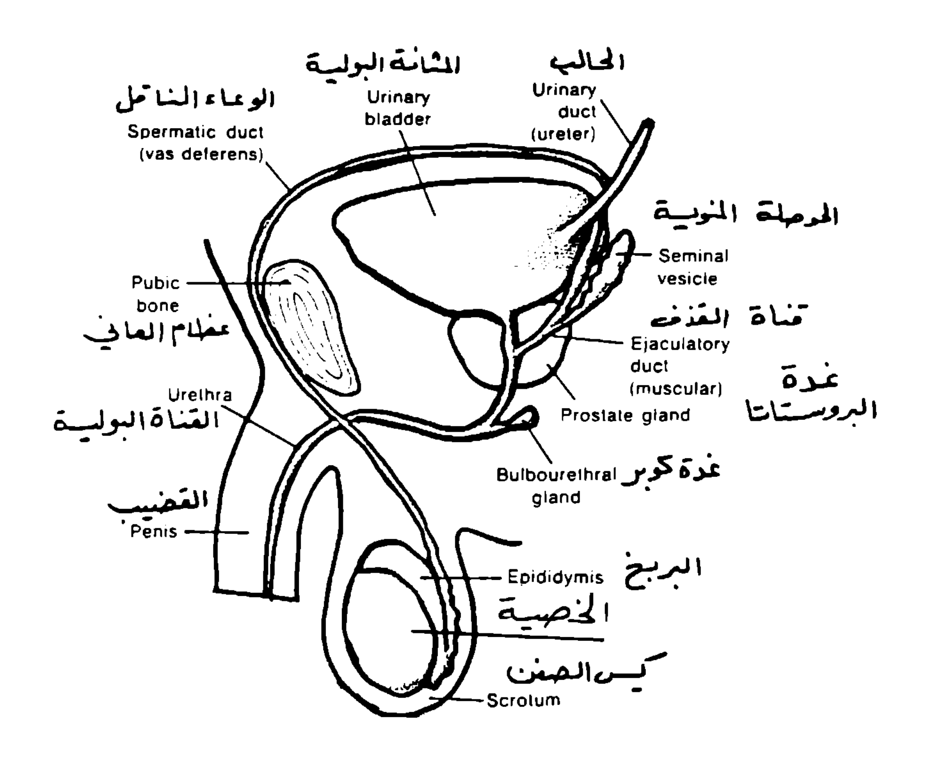
كي يحافظ الإنسان أو الكائن الحي على نوعه لا بد له من التكاثر ، أي إنتاج أفراد مشابهة له ، فإذا كان الغذاء والتنفس والإخراج ... ضرورياً للإنسان فإنّه بحاجة إلى التكاثر أكثر من ذلك . فالحاجات الأولى إنما تلبي رغبة الشخص وتحافظ عليه كفرد ، في حين التكاثر **يحافظ على نوعه من الإنقراض** . ولهذا نجد الدول اليوم تعتني بالكائنات الحية الحيوانية والنباتية للمحافظة عليها من الانقراض ؛ وعليه تصدر التعليمات والتنظيمات الادارية والقانونية لحماية الحيوانات خاصة تلك التي على وشك الانقراض ؛ وحفظ النوع يتم عادة بانتاج أفراد جديدة عن طريق التزاوج بعد البلوغ الجنسي – فترة نمو الأعضاء التناسلية – وتكوين الجاميتات المذكرة والمؤنثة .

الجهاز التناسلي الذكري Male Reproductive System

يتركب الجهاز التناسلي الذكري (الشكل ١٤–١) من الأعضاء التالية :

١ – الخصيتان Testes

توجد الخصيتان خارج الجسم بين الفخذين ، وهما بيضيتا الشكل موجودتان داخل كيس خاص يسمى الصفن Scrotum يعمل على وقاية الخصية وحفظها على درجة حرارة ملائمة لانتاج الحيوانات المنوية ؛ وهو لذلك قابل للتمدد والتقلص حسب درجة حرارة الجو . هذا ، وتنحدر الخصيتان خارج الجسم قبل موعد الولادة بشهرين تقريباً وإذا حدث أن بقيتا داخل التجويف البطني للجسم فإنّ الإنسان عندئذ يصاب بالعقم إذ إنّ درجة الحرارة تصبح غير ملائمة لانتاج الحيوانات المنوية .



الشكل (١٤-١) : الجهاز التناسلي الذكري

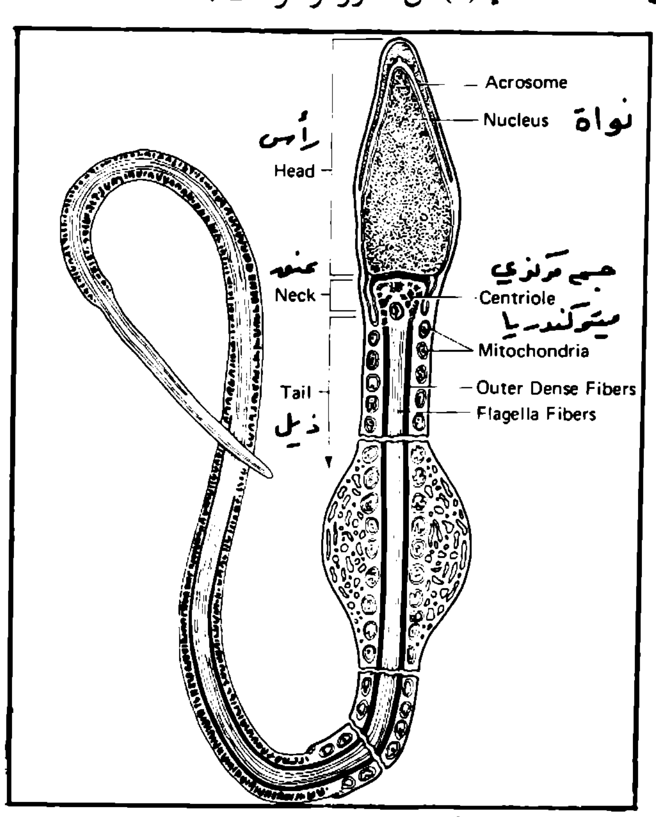
تتركب كل خصية من أنابيب دقيقة ملتوية تلتف على بعضها بشكل حلزوني تُسمى الأنابيب المنوية Seminiferous tubules تصب في فراغ Rete testis ؛ ووظيفة الأنابيب المنوية هو إنتاج الحيوانات المنوية ؛ ويتكون الحيوان المنوي من رأس (وعنق) وذيل (الشكل ١٤ – ٢) . هذا ، ويمتلىء الحيز الموجود بين الأنابيب المنوية بخلايا بينيّة Interstitial Cells وظيفتها إفراز الهرمونات الجنسيّة الذكرية وبخاصة هرمون التستستيرون Testosterone المسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الذكرية الثانوية.

وفي قطاع عرضي لواحد من الأنابيب المنوية ، نلاحظ تحت عدسة المجهر أن الأنبوب المنوي يحتوي على غشاء يتميز داخله إلى عدة طبقات من الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية . والشكل (١٤ – ٣ – أ) يوضح كيفية **تكوين الحيوانات المنوية** كما يلي :

أ – الخلايا الأم (سبرماتوجونيا) خلايا أمات المني Spermatogonia وهي خلايا توجد في الغشاء المبطن للأنبوب المنوي تكونت نتيجة انقسام الخلايا المكونة للحيوانات المنوية Primordial Germ Cells انقساماً غير مباشر . هذا ويوجد بين خلايا الأم نوع آخر من الخلايا تسمى خلايا سرتولي Sertoli Cells تعمل على تثبيت الخلايا الأم وقد تمدها بالغذاء أيضاً .

ب – الخلايا الاسبرمية الأولية (الخلايا المنوية الأولية) -Primary Spermatocy tes ، وهي خلايا تلي خلايا الأم وتنشأ من انقسام الخلايا الأم وبها العدد الأصلي أو الزوجي (2n) من الكروموسومات .

جـ – الخلايا الاسبرمية الثانوية (الخلايا المنوية الثانوية) -Secondary Sperma tocytes . وهي خلايا ناتجة من انقسام الخلايا الاسبرمية الأولية انقساماً اختزالياً لذا تحتوي على العدد الأحادي (n) من الكروموسومات .



الشكل (١٤–٢) : حيوان منوي

د – الخلايا الاسبرماتيدية (**الطلائع المنوية**) Spermatids وتنتج من انقسام الخلايا الاسبرمية الثانوية انقساماً غير مباشر ، وتكون في البداية كروية الشكل ثم لا تلبث أن تستطيل وتنمو لها أذناب وتكوّن الحيوانات المنوية Sperms .

٢ – البربخ : Epididymis

قناة كثيرة الإلتواء تتصل بقاعدة الخصية ، وهي مبطنة بخلايا مطاولة تبدو على شكل نسيج عمادي طلائي بسيط . يتصل البربخ بقنوات ناقلة تعرف بالأوعية الصادرة أو الناقلة للحيوانات المنوية Vas Deferens وتعمل على استلام الحيوانات المنوية المتكونة على شكل دفعات تدفع بعضها البعض ثم نقلها إلى البربخ حيث تنضج وتخزن في هذه القناة .

٣ – الوعاء الناقل : Vas Deferens

قناة مبطنة بنسيج طلائي تحتوي على عضلات غير إرادية ، لذا تتحرك حركة دودية تعمل على حمل السائل المنوي من البربخ إلى مجرى البول عند اتصاله بالمثانة .

٤ – الغدد الملحقة : Accessory Glands

توجد ثلاث غدد تختلط افرازاتها بالحيوانات المنوية خلال رحلتها من الخصية إلى الخارج ويسمى المزيج بالسائل المنوي Semen ؛ وهذه الغدد هي :

أ – **الحوصلة المنوية** Seminal Vesicle كيسان صغيران يقعان عند نهاية الوعاء الناقل ويفتحان في العضو الذكري عند اتصال المثانة البولية . وتفرز الحوصلة المنوية سائلاً لبنياً يختلط مع الحيوانات المنوية بواسطة قناة خاصة تسمى قناة القذف Ejacula-tory duct ؛ ولما كانت افرازاتها قاعدية التأثير لذا تعمل على معادلة حموضة الحيوانات المنوية المتكونة في الخصية وتسهل حركتها ؛ كما تساهم في تغذيتها لاحتواء افرازاتها على سكر الفاكهة (الفركتوز) .

ب – **غدة البروستاتا** Prostate Gland وهي غدة كبيرة الحجم يبلغ قطرها حوالي ٤ سم تحيط بعنق المثانة كالحلقة وتقع بالقرب من بداية القناة البولية ؛ وتفرز سائلاً لزجاً يشبه إفرازات الحوصلة المنوية من حيث إنّه قاعدي التأثير يعمل على معادلة

الحموضة التي قد تنشأ من مرور البول في القناة البولية . كما يعتقد البعض أنّ افرازاتها لها القدرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون نتيجة لنشاطات الحيوانات المنوية إذ إنّ تراكمه يعني تأخير نشاط الحيوانات المنوية . وتصل افرازاتها القناة البولية عن طريق ثقوب صغيرة كثيرة العدد تفتح بالقناة البولية ؛ والجدير بالذكر أنّ غدة البروستاتا قد تلتهب أحياناً خاصة عند كبار السن مما تسبب مضايقة لهم عند التبول لدرجة أنّ التبول قد يصبح صعباً مما يضطر الشخص لازالتها .

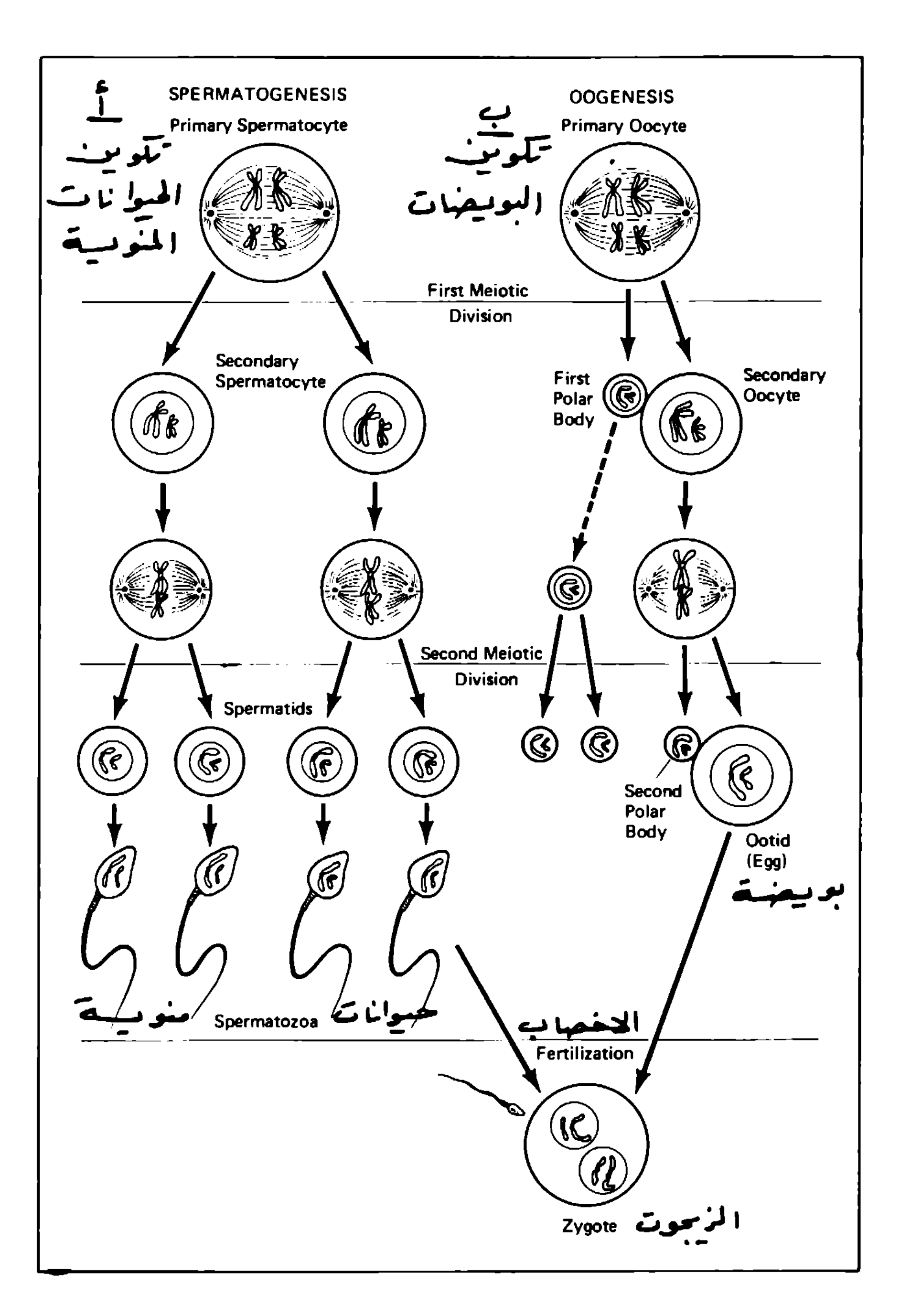
جـ – **غدد كوبر** Cowpor's Glands وهي زوج من الغدد صفراء اللون صغيرة الحجم تقدر بحجم بذرة البازيلاء تقع أسفل غدة البروستاتا . لها إفرازات قاعدية التأثير تفرز عادة أثناء التهيج أو الجماع الجنسي ؛ كما يعتقد أنّ لها علاقة بمعادلة الحامض الذي قد يوجد في مجرى البول أو في مهبل الأنثى .

٥ – العضو الذكري (القضيب) : Penis

وهو عضو الجماع في الذكر ، يعمل على توصيل الحيوانات المنوية إلى مهبل الأنثى عن طريق قناة مجرى البول إذ إنّ القناة البولية والتناسلية في الذكر مشتركة. يتركب جسم القضيب من أنسجة قضبانية الشكل لها القدرة على الانتصاب تسمى الأنسجة المنتصبة Erectile Tissues ، وهذه الأنسجة هي :

أ – نسيج الجسد الاسفنجي Corpus Spongiosum يحيط بقناة البول ويمتد مكوناً رأس القضيب الغني بالنهايات العصبية الحساسة للإحتكاك واللمس ويسمى بظر القضيب Glans Penis . ويمتاز النسيج الاسفنجي باحتوائه على فراغات تنتشر فيه أوعية دموية كثيرة .

ب – نسيج الجسد الكهفي Corpus Cavernosum نسيجان يحيطان بالنسيج الأسفنجي ، وتتصل بهما أوعية دموية كثيرة يتوارد الدم إليهما أثناء التهيج الجنسي فتمتلىء بالدم وتسبب انتصاب القضيب واستطالته حتى يسهل دخول المهبل . هذا، ويحدث القذف Ejaculation خلال الجماع نتيجة للتهيج الجنسي واحتكاك القضيب بجدار المهبل .



الشكل (١٤-٣) : أ- تكوين الحيوانات المنوية

ب - تكوين البويضات

الجهاز التناسلي الأنثوي Female Reproductive System

يتركب الجهاز التناسلي الأنثوي (الشكل ١٤-٤) من الأعضاء التالية :

١ - المبيضان : Ovaries

المبيض عبارة عن جسم صغير بحجم حبة اللوز (٢-٣غم) وبقطر حوالي ٣سم؛ يقع في الجهة الظهرية من التجويف البطني . وظيفته الأساسية إنتاج البويضات Ova . فهو يحتوي على آلاف الحويصلات الحاوية للبويضات في أطوار نمو مختلفة ، ويقدر عدد هذه البويضات بحوالي ٤٠٠,٠٠٠ بويضة ، إلاّ أنّ القسم الأكبر منها يتحلل ويموت ، وينضج منها حوالي (٣٠٠-٤٠٠) بويضة طيلة حياة الأنثى أو حتى سن اليأس Menopause - حوالي الخمسين عاماً .

تتكون البويضات في المبيض بنفس الطريقة التي تتكون فيها الحيوانات المنوية في الخصية (الشكل ١٤-٣-ب) ، وتتلخص بما يلي :

أ - تنقسم خلايا المبيض المنتجة للبويضات Primordial Germ Cells عدة انقسامات غير مباشرة ينتج عنها خلايا بها نفس العدد الأصلي من الكروموسومات ، وتسمى أمهات البويضات أو الخلية البيضية الأمية Oogonium .

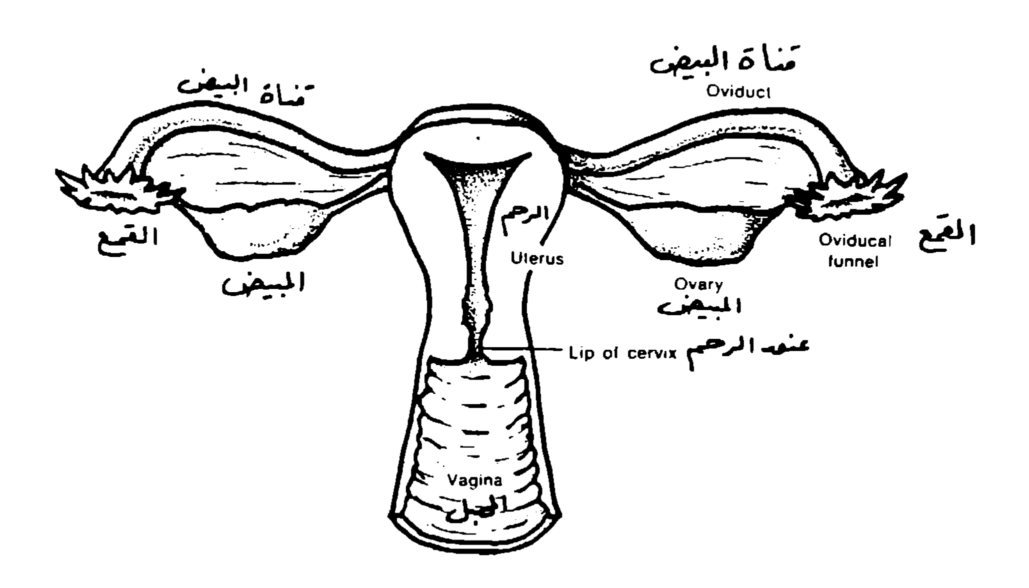
ب - تنمو خلايا أمهات (أمات) البويضات وتنقسم انقسامات غير مباشرة وتكون خلايا جديدة تسمى كل واحدة منها بالبويضة الأولية Primary Oocyte .

جـ - تنمو خلايا البويضات الأولية حتى تصل نموها الكامل وتنقسم انقساماً اختزالياً غير متكافيء ، حيث تتحرك نواتها جهة أحد قطبي الخلية فتنتج خليتان غير متساويتين في الحجم في كل منها نصف العدد الأصلي من الكروموسومات تدعى إحداهما بالبويضة الثانوية Secondary Oocyte والثانية صغيرة الحجم تدعى بالجسم القطبي الأول First Polar Body .

د - تنقسم البويضة الثانوية انقساماً غير مباشر وغير متكافيء وتعطي خليتين جديدتين إحداهما تُسمى الجسم القطبي الثاني والأخرى تنمو وتكبر لتكون البويضة Ovum ، تختزن كمية مناسبة من الغذاء لتغذية الجنين في حالة حدوث إخصاب . كما

ينقسم الجسم القطبي الأول ويعطي خليتين صغيرتين جداً تتلاشيان مع الجسم القطبي الثاني وذلك لعدم احتوائها على غذاء كاف لنموها . وعليه ، فإنّ كل خلية بيضية أولية تعطي بويضة واحدة بها نصف عدد الكروموسومات الأصلي وثلاثة أجسام قطبية لا تلبث أن تتحلل وتتلاشى . والبويضة كروية الشكل أكبر بكثير من الحيوان المنوي وقطرها حوالي ١٥٠-٢٠٠ ميكرون ، ولعل ذلك يعود لوجود كمية كبيرة من المواد الغذائية الاحتياطية التي تستهلك لنمو الجنين في حالة الإخصاب لفترة محدودة بعدها يعتمد الجنين على الأم .

بالإضافة إلى إنتاج البويضات ، فإنّ المبيض يعمل كغدة صمّاء بافرازه هرمونات أنثوية (الأستروجينات) مسؤولة عن إظهار الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية . كما يفرز هرمون الجسم الأصفر الذي يمنع تكوين بويضات جديدة ويهيء الرحم لاستقبال الجنين في حالة حدوث الإخصاب .



الشكل (١٤-٤) : الجهاز التناسلي الأنثوي

٢ – قناة البيض أو قناة فالوب : Oviduct - Fallopian Tube

قناة طويلة قليلاً (حوالي ١٠سم) ، مبطنة من الداخل بغشاء مخاطي تكثر فيه الأوعية الدموية والأغشية المخاطية . وهي كثيرة التعاريج الداخلية تكثر فيها الأهداب (لماذا ؟) وتلاصق فتحة قناة المبيض نفسه عند منطقة البوق Funnel ، وموقعه استراتيجي إذ يلتقط البويضة عند سقوطها من المبيض وهذا ما يسمى بالتبويض (الإباضة) Ovulation . وعند التبويض تمر البويضة من حويصلة جراف Graafian Follicle في المبيض بعد انفجارها إلى البوق ومنه إلى قناة البيض حيث يتم فيها الإخصاب غالباً . وتسير البويضة في قناة البيض نتيجة لحركة الأهداب المستمرة المبطنة للقناة وكذلك نتيجة لانقباضات الجدار العضلي المكون لقناة البيض . وعليه ، فإنّ انسداد أو تلف قناتي البيض يؤدي إلى العقم عند الأنثى مما دعا بعض أطباء النساء البريطانيين إلى التفكير في إحداث **الإخصاب الخارجي** في أنابيب المختبر وإعادة زرع الجنين أو البويضة المخصبة في الرحم وهذا ما يعرف **بطفل الأنبوب** Test- Tube Baby. وقد أصبحت تقنيات أطفال الأنابيب منتشرة في العالم ومن بينها الأردن . هذا بالاضافة إلى تقنيات أخرى متقدمة كما في : تجميد الأجنّة ، والاستنساخ ، والأمهات (الأرحام) المستعارة ... الخ .

٣ – الرحـــم : Uterus

عضو مجوف عضلي سميك الجدران كمثري الشكل ، يبلغ طوله حوالي ٧٫٥سم وعرضه ٥ سم تقريباً . وجدران الرحم سميكة وعضلية مغطاة بغشاء مخاطي يسمى بطانة الرحم Endometrium . تتهيأ بطانة الرحم كل شهر تقريباً لاستقبال البويضة المخصبة . فإذا حدث أن أخصبت البويضة يكون الرحم مهيأ لإنبات البويضة وتطور الجنين ؛ وإذا لم يحدث إخصاب ، تتداعى أنسجة بطانة الرحم وينزل الدم في عملية تسمى الطمث (الحيض) Menstruation .

يُسمى الجزء العلوي من الرحم بالجسم ، بينما الجزء السفلي يمتد قليلاً في قناة المهبل ويسمى عنق الرحم Cervix الذي من خلاله تدخل ملايين الحيوانات المنوية لمحاولة إخصاب البويضة.

٤ – المهبل : Vagina

أنبوبة عضلية مطاطية طولها حوالي ٧ سم . يتصل (المهبل) بالرحم من الجهة السفلى ، وهو مبطن بنسيج طلائي بلاطي مركب ؛ وتحتوي جدرانه على عضلات ملساء طولية وأخرى دائرية . ويتصل المهبل بالفتحة التناسلية الخارجية ؛ وللمهبل وظيفتان : الأولى يستقبل عضو الجماع الذكري ومنه تسبح الحيوانات المنوية عبر عنق الرحم باتجاه قناة البيض لإخصاب البويضة . والثانية يمثل قناة مرور للطفل أثناء الولادة خاصة وأنه يتصف بالمرونة والمطاطية .

٥ – الأعضاء الجنسية الثانوية (الفرج) : Valva

تشمل **الأعضاء الجنسية الثانوية** الأجزاء التالية :

أ – الشفرين الكبيرين Labia Majora زوائد جلدية مغطاة بالشعر وتحيطان بفتحة المهبل من الخارج .

ب – الشفرين الصغيرين Labia Minora زوائد جلدية توجد داخل الشفرين الكبيرين ، تخلوان من الشعر وتحيطان بفتحة المهبل من الداخل .

جـ – البظر Clitoris عضو صغير بحجم حبة الحمص يوجد عند الشفرين الصغيرين ؛ وهو يناظر العضو الذكري في الرجل ، يحتوي على نسيج إسفنجي وعلى أوعية دموية ونهايات أعصاب كثيرة وهو بذلك شديد الحساسية يمتليء بالدم أثناء التهيج الجنسي .

د – غشاء البكارة Hymen غشاء مخاطي رقيق يوجد في الأنثى البكر ، ويمتد على فتحة المهبل فيغلقها جزئياً أو كلياً .

الدورةالشهرية Monthly Menstrual Cycle

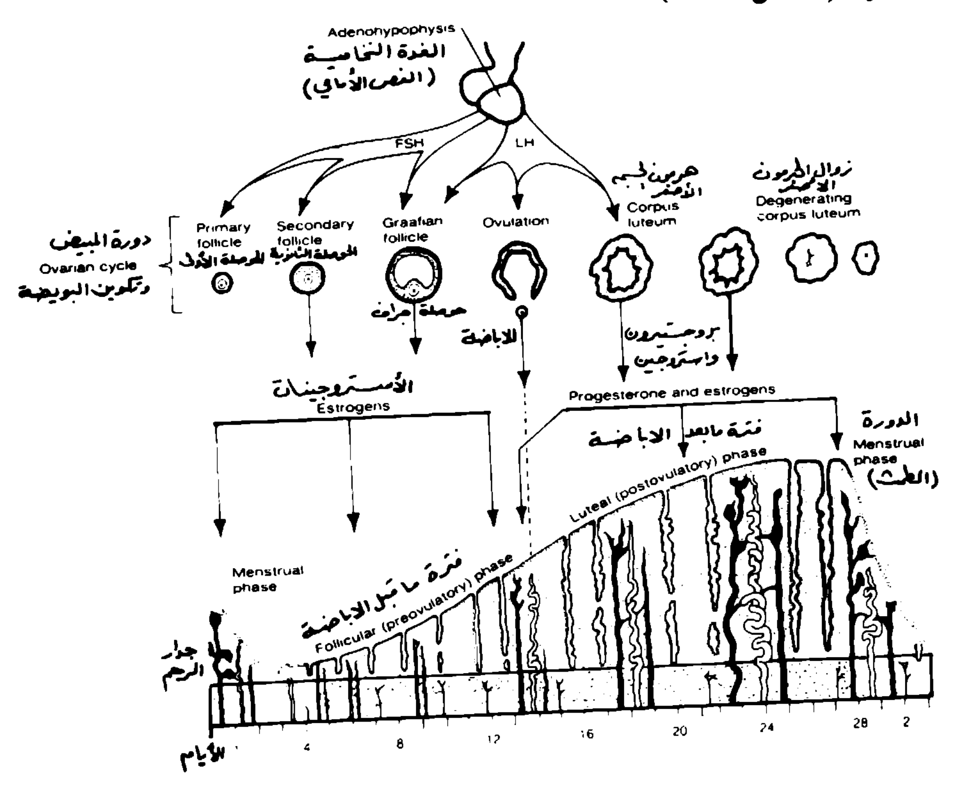
ذكرنا سابقاً أنّ المبيض يحتوي على حويصلات حاوية للبويضات في أطوار مختلفة من النمو ينضج منهاما يقارب من (٣٠٠–٥٠٠) بويضة . فعندما تبلغ الأنثى عمر ١٢–١٦ سنة تقريباً ، تبدأ الغدة النخامية بافراز هرمونات تعمل على تنبيه الغدد الجنسية الأنثوية (المبيض) منها ما يلي (ادرس الشكل ١٤–٥) :

أ - **الهرمون المنشط للحويصلات .F.S.H** ويبدأ تأثيره على المبيض إذ يعمل على تنشيط الحويصلات الحاوية على البويضات وبالتالي يسبب نمو ونضج البويضة مما يؤدي إلى سقوطها في قمع قناة البيض وهذا ما يسمى بعملية التبويض (الإباضة) -Ova lation . بالاضافة ، يعمل المبيض على إنتاج مجموعة هومونات أنثوية (الأستروجينات) تعمل على تهيئة الرحم لاستقبال البويضة المخصبة فيسمك جدار الرحم وتكثر الأوعية الدموية فيه ؛ هذا بالاضافة إلى أنّها مسؤولة عن إظهار الصفات الجنسية الأنثوية كظهور ونمو الأثداء .

ب - **الهرمون الخاص بتكوين الجسم الأصفر** (الهرمون المصفر) .L.H وينشط إفراز هرمون البروجستيرون الذي يهيء الرحم أكثر لاستقبال البويضة المخصبة وتطور الجنين كما يثبط نمو بويضات جديدة . وتكون نسبته عالية في الدم خاصة خلال العشرة أيام الأولى من الدورة . ويستمر هذا الهرمون في حالة إخصاب البويضة إذ إنّه ضروري جداً لاستمرار عملية الحمل . كما تفرز المشيمة (أثناء الحمل) هرمونات خاصة تسمى بالهرمونات الكورونية تعمل على تنشيط الجسم الأصفر للإستمرار في إفراز هرمون البروجستيرون الذي بدوره **يمنع إفراز هرمون .F.S.H** وبالتالي يحول دون إفراز بويضات جديدة طيلة فترة الحمل . والجدير بالذكر ، أنّ هرمونات المشيمة توجد في بول المرأة الحامل ، ووجودها يستعمل كدليل للكشف عن الحمل . كما تفرز المشيمة كميات كبيرة من الأستروجينات تساعد على إيجاد التوازن لهرمون البروجستيرون وتكمل عمل استروجينات المبيض .

وفي حالة **عدم إخصاب البويضة** فإنّ الجسم الأصفر يضمر ويضمحل تدريجياً حتى يتلاشى . وهذا بالطبع يؤثر على تركيز هرمون البروجستيرون في الدم إذ يقل تركيزه خاصة في اليوم الخامس والعشرين من الدورة مما يسبب تقلص الرحم وتمزق الأوعية الدموية المنتشرة فيه ويتسبب ذلك في خروج كمية من الدم من الرحم فالمهبل ثم الخارج ؛ وهذا ما يسمى بالطمث أو الحيض Menstruation الذي يستمر من ٣-٥ أيام وفيه تشعر الأنثى بالمغص أو تقلصات خاصة في اليوم الأول والثاني نتيجة للتقلص الشديد في بطانة الرحم . هذا ويحدث الحيض مرة واحدة كل ٢٨ يوماً تقريباً ولو أنّ هذه المدة قد تختلف من أنثى لأنثى وفي هذا الأثناء تكون هناك بويضة أخرى في طريقها للنضوج ؛ وهكذا تتكرر الدورة مرة كل شهر تقريباً ومن هنا تسمى بالدورة

الشهرية (الشكل ١٤-٥) .



الشكل (١٤-٥) : الدورة الشهرية عند الأنثى

الإخصاب والحمل Fertilization and Gestation (Pregnancy)

الاخصاب هو اتحاد حيوان منوي واحد مع بويضة ناضجة واحدة لتكوين ما يعرف بالزيجوت Zygote ، حيث تتحد نواتاهما في نواة واحدة وبذلك يُستعاد العدد المزدوج للكروموسومات الأصلية (2n) ، وبها نحصل على مجموعة صفات وراثية للجنين تعتمد على أي الصفات سائدة وأيها متنحية وإذا كانت السيادة كاملة أو ناقصة في الأبوين وذلك باتحاد الصفات الوراثية في نواتي الجاميتين في حياة جديدة . بعدها يلتصق (ينبت) الزيجوت (البويضة المخصبة) في جدار الرحم وتبدأ مرحلة الحمل وتطور الجنين؛ ادرس الشكل (١٤-٦-أ) الذي يبيّن مراحل الاخصاب الأولى والشكل (١٤-٧) الذي يوضح تطور الجنين خلال الشهر الأول من الحمل .

بالرغم أنّ الأنثى تملك مبيضين إلاّ أنّ واحداً منها عادة يكون البويضة الناضجة

في الشهر ، وتكون الاباضة بينهما بالتناوب . وعليه ، عند سقوط البويضة يلتقطها القمع ومنه إلى قناة البيض ، عندها لا بد من وجود حيوانات منوية كثيرة لاتمام عملية الاخصاب لأنّ عملية الاتحاد بينهما تتم بطريقة عشوائية ؛ ولهذا نجد الذكر يقذف حيوانات منوية كثيرة جداً ليعطي فرصة أكبر لهذا الإلتقاء العشوائي ، بالاضافة إلى أنّها تسير باتجاه معاكس لحركة الأهداب المبطنة لقناة البيض ، ولهذا فإنّ القسم الأعظم منها يتحلل ويموت قبل أن يصل البويضة . لقد قدر أنّ الرجل يقذف عند عملية الجماع حوالي ٣٠٠-٤٠٠ مليون حيوان منوي يهلك معظمها قبل أن يصل البويضة ، ولا بد لحيوان منوي واحد أن يخصب البويضة خلال ٢٤ ساعة ، وهي المدة التي تبقى فيها البويضة حافظة لحيويتها ، في حين أنّ الحيوان المنوي يحتفظ بحيويته حوالي ٤٨ ساعة. ويحدث الاخصاب عادة في الثلث العلوي من قناة البيض (قناة فالوب) ؛ وتدخل البويضة المخصبة عادة الرحم بعد ٣-٥ أيام من الإخصاب وتلتصق (تنبت) بجدار الرحم وتبدأ عملية الحمل ونمو الجنين لمدة تسعة أشهر تقريباً .

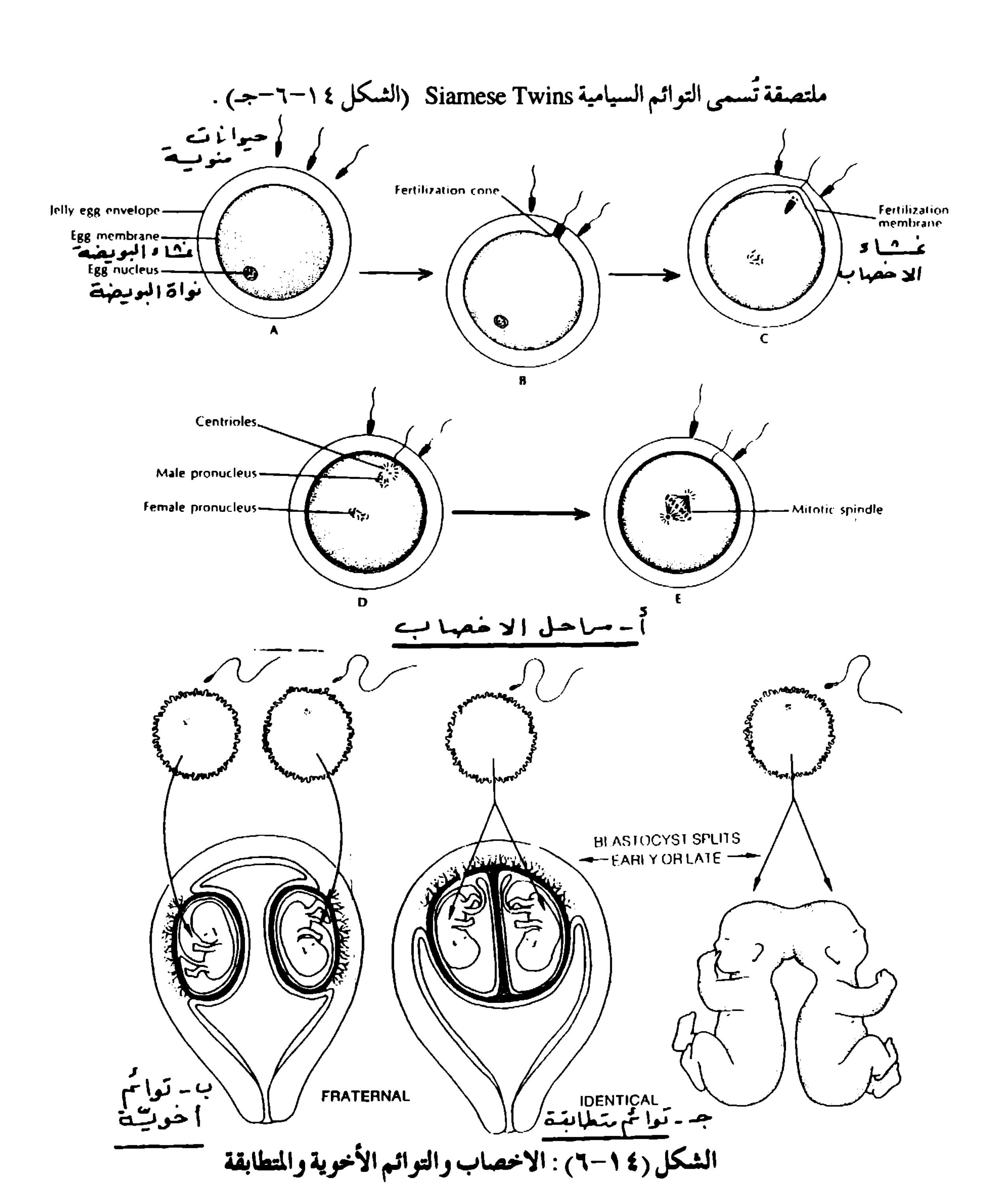
التوائم Twining

هناك نوعان من التوائم :

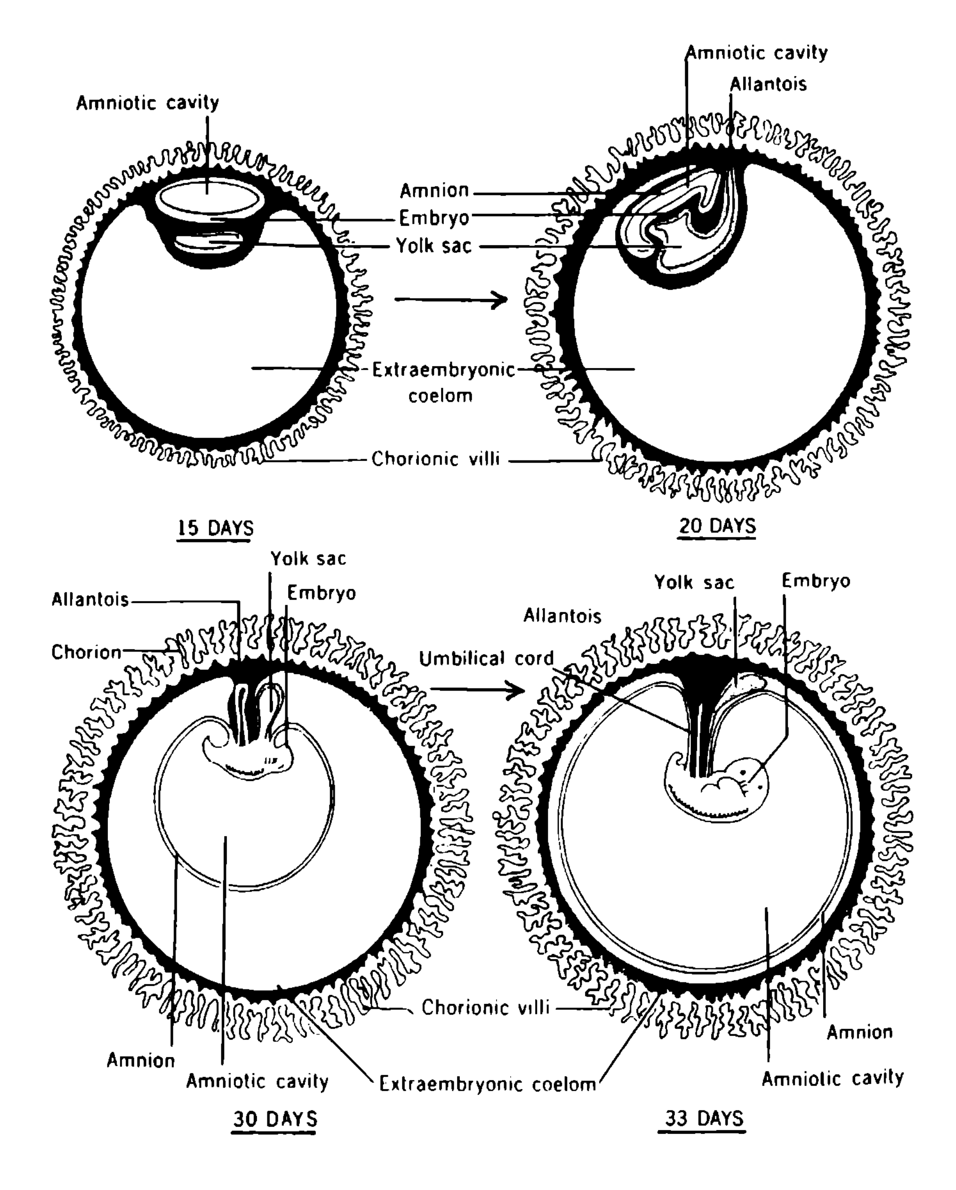
١ - التوائم الأخوية Fraternal twins ينتج هذا التوأم من بويضتين نضجتا في آن واحد ، تخصب كل منهما بحيوان منوي مستقل . ويتصل كل جنين بمشيمة خاصة به وأغشية جنينية خاصة به أيضاً . وقد تكون هذه التوائم متشابهة أو مختلفة في الجنس والشكل الخارجي والتركيب الوراثي ومجاميع الدم ولكنها مختلفة قطعاً في بصمات الأصابع . أما العلاقة بينهما فهي لا تزيد عن علاقة أشقاء ولدوا في فترات متقاربة جداً من نفس الأبوين إلاّ أنّهما يشتركان في ظروف حمل واحدة في رحم الأم (انظر إلى الشكل ١٤-٦-ب) .

٢ - التوائم المتطابقة Identical twins ينتج هذا التوأم من بويضة واحدة أخصبت بحيوان منوي واحد ؛ هذه البويضة المخصبة تنفصل في أول انقسامها إلى خليتين أو بويضتين ؛ وتنمو كل بويضة جديدة مكونة جنيناً مستقلاً . ولكل جنين كيس أمنيوني خاص به ، لكن لهما كيس كوريوني واحد ، ولهذا يتصل التوأمان بمشيمة واحدة ، وتتشابه في صفاتها الوراثية وفي مجاميع الدم وبصمات الأصابع ويكون الجنس واحداً إما ذكوراً أو إناثاً لدرجة أنه يصعب التفريق بينهما ؛ ولهذا كثيراً ما تستخدم التوائم المتطابقة في البحث العلمي (انظر إلى الشكل ١٤-٦-جـ) . أمّا إذا انفصلت البويضة المخصبّة (البلاستولا) متأخرة فإنّ ذلك يؤدي غالباً إلى إنتاج توائم

ملتصقة تُسمى التوائم السيامية Siamese Twins (الشكل ١٤-٦-جـ) .



الشكل (١٤-٦) : الاخصاب والتوائم الأخوية والمتطابقة



الشكل (٤ ١-٧) المراحل الأولى لتطور جنين الانسان وأغشيته الجنينيّة

أما بالنسبة لتحديد الجنس ، فإنّ الأمر قد حسم منذ وقت طويل (أي عند اتحاد الحيوان المنوي بالبويضة) ، فالكروموسومات الموجودة في نواة الخلية الجديدة هي المسؤولة عن ذلك ، ففي الإنسان الذكر به زوج من الكروموسومات الجنسية يختلف فرداه أحدهما عن الآخر ويُرمز لهما بالرمز (xy) ؛ أما في الأنثى فالكروموسومان الجنسيان متماثلان ويرمز لهما بالرمز (xx) . وباختصار ، في الأنثى تحمل كل بويضة تامة النمو كروموسوم (x) دائماً ، أما في الذكر فإنّ الخلايا المنوية تكون مجموعتين متساويتين تقريباً، واحدة تحمل خلاياها كروموسوم (x) والأخرى تحمل خلاياها كروموسوم (y) . وعليه ، إذا اتحدت بويضة (x دائماً) بحيوان منوي يحمل كروموسوم (x) يكون المولود أنثى . وإذا اتحدت بويضة (x دائماً) بحيوان منوي يحمل كروموسوم (y) يكون المولود ذكراً . وبناء على هذا ، **فإنّ الرجل وليس المرأة هو** الذي يحدد جنس المولود . وهكذا فإنّ العلم ينفي الشائعات التي تقول أن المرأة هي التي تحدد جنس المولود ، وكثيراً ما تحدث متاعب زوجية وعائلية واجتماعية بسبب هذا الإعتقاد الخاطىء .

مشاكل الجهاز التناسلي في الذكر والأنثى

أهم المشكلات التي تواجه الرجل والمرأة هي الإصابة بالعقم ، أي عدم القدرة على الإنجاب . والعقم من الموضوعات التي تهم وتشغل بال عدد كبير من المتزوجين وبخاصة أولئك الذين مضى على زواجهم سنوات عديدة ولم ينجبوا أطفالاً . وتشير بعض التقارير العلمية (العالمية) إلى أنّ نسبة عالية من المتزوجين (حوالي ١٠٪) لا ينجبون أطفالاً ؛ وأن نسبة العقم عند الزوجين تكون متساوية تقريباً في الرجل والمرأة . وبالنسبة للمرأة ، هناك أسباب عديدة تجعلها **غير قادرة على الإنجاب** يمكن أن يكون من بينها ما يلي : (١) انغلاق (أو تلف) قناتي البيض (فالوب) ؛ (٢) ضعف المبيض ؛ (٣)تشوهات وعيوب خلقية في الجهاز التناسلي ؛ (٤) إفرازات المهبل ، إذ تبلغ درجة حموضة افرازات المهبل درجة مرتفعة نسبياً (حوالي ٥ر٣ – ٤) ، فإذا لم تعمل إفرازات البروستاتا والحوصلة المنوية على تخفيف درجة حموضة المهبل ، فإنّ ذلك يعني تقليل نشاط وحركة الحيوانات المنوية إذ إنّها تعمل وتنشط في درجة حموضة حوالي (٦–٥ر٦) ؛ (٥) أسباب فسيولوجية تتمثل في (فشل) إنتاج الهرمونات

(والانزيمات) ذات العلاقة في تكوين البويضات ؛ (٦) أمراض وراثية ناتجة عن تلف الجينات أو عدم انفصال الكروموسومات الجنسية انفصالاً طبيعياً كما في مرض تيرنر (XO) . هذا ، وقد تمت معالجة بعض المشكلات المتعلقة بعقم المرأة من خلال تقنيات متقدمة كما في : أطفال الأنابيب ، وتجميد الأجنة ، والأمهات (الأرحام) المستعارة...الخ .

أما بالنسبة للرجل ، فهناك أسباب كثيرة أيضاً تجعل الرجل غير قادر على الإنجاب من بينها ما يلي :

١ – عدم نزول الخصيتين في مكانهما المحدد وهو كيس الصفن – خارج الجسم.

٢ – انغلاق – أو تلف – الأوعية الناقلة للحيوانات المنوية .

٣ – دوالي في كيس الصفن ، وتصحب هذه الدوالي عادة الوعاء الناقل المنوي فتزيد من إرتفاع درجة الحرارة في كيس الصفن مما يترتب عليها ضعف حركة الحيوانات المنوية ونشاطها .

٤ – تشوهات وعيوب خلقية في الجهاز التناسلي الذكري .

٥ – عيوب في إنتاج الهرمونات الجنيسة (والأنزيمات) ذات العلاقة بتكوين الحيوانات المنوية .

٦ – أمراض وراثية ناتجة عن تلف الجينات أو عدم انفصال الكروموسومات الجنسية انفصالاً طبيعياً كما في مرض كلاينفلتر (xxy) والتركيب الكروموسومي (xyy) .

٧ – حركة الحيوانات المنوية ، هناك ثلاثة أنواع رئيسية من حركة الحيامن وهي : (أ)حيوانات منوية ذات حركة أمامية خلفية وهي التي يمكن أن تخترق عنق الرحم وتواصل طريقها لإخصاب البويضة ؛ (ب) حيوانات منوية ذات حركة جانبية ، ويتحرك الحيوان من طرف لآخر ، وبالتالي عدد قليل منها يمكن أن يدخل بوابة عنق الرحم ؛ (٣) حيوانات منوية ذات حركة دائرية ، وهي تسبح حول نفسها وبالتالي لا تستطيع التقدم إلى الأمام ولا نستفيد منها في دخول عنق الرحم مما يعني إصابة الرجل في العقم .

٨ – كمية السائل المنوي المقذوف في المرة الواحدة ، تتراوح كمية السائل المنوي

المقذوف بعد امتناع حوالي ٣-٥ أيام ما بين ٢-٤سم٣ وكل سم٣ تحتوي على ما يقارب مئة مليون حيوان منوي فإذا قلّ عدد الحيوانات المنوية كما تشير بعض التقارير ، عن حوالي عشرين مليون في سم٣ واحد يعتبر الرجل عقيماً غير قادر على الإنجاب . كما يفترض أن يكون حوالي ٨٠٪ من الحيامن نشطة عند القذف ، وحوالي ٦٠٪ منها نشطة بعد عدة (٣-٤) ساعات .

٩ - **الضعف الجنسي** ، تذكر بعض التقارير العلميّة أنّ الضعف الجنسي قد يرجع إلى عدة عوامل مرضية أو خلقية مختلفة ، منها ما يلي : (١) مرض السكري يشكّل حوالي (٤٠٪) ؛ (٢) أمراض الأوعية الدموية وتشكّل حوالي (٣٠٪) ؛ (٣)العجز الناتج عن عمليات جراحية كبرى ويشكل حوالي (١٣٪) ؛ (٤) اصابات العمود الفقري ويشكل حوالي (٨٪) ؛ (٥) قصور في الغدد والهرمونات وتشكّل حوالي (٦٪) ؛ (٦) عوامل أخرى وتشكّل حوالي (٣٪) . وقد تختلف هذه العوامل وتأثيراتها حسب متغيرات وعوامل بيولوجية أخرى .

تطور الجنين : Embryo Development

تقسم مراحل تطور الجنين إلى ثلاث مراحل هي :

أولاً : مرحلة الثلاثة الأشهر الأولى : The First Trimester

ذكرنا سابقاً أنّ الإخصاب يحدث في الثلث العلوي من قناة البيض ؛ بعدها بحوالي ٣٦ ساعة تنقسم البويضة المخصبة أو الزيجوت Zygote إلى خليتين ؛ وبعد ٦٠ ساعة تنقسم الخليتان إلى أربع خلايا ، وفي اليوم الثالث تنقسم الأربع خلايا إلى ثمانية... وهكذا تنقسم الخلايا انقسامات عديدة متتالية ينتج عنها تكون كتلة من الخلايا تبدو على شكل كرة يُطلق عليها الموريولا (التوتة) Morula (الشكل ١٤-٥) تنتقل ببطء داخل قناة البيض نتيجة لانقباضات القناة وبمساعدة الأهداب الدائمة الحركة المتصلة بخلايا الغشاء الطلائي المبطن لقناة البيض ، وتصل الرحم خلال ٣-٥ أيام . وهناك لابد من الالتصاق (اليوم السادس) بجدار الرحم أو ما يسمى بالانبات (الانزراع) Implantation حتى يتم تطور الجنين بشكل صحيح . والشكل ١٤-٨ يوضح باختصار خطوات تطور الجنين . وعليه ، يمكن توضيح أهم ما يحدث في هذه

المرحلة بما يأتي :

١ – **الإنقسامات الأولى (التفلج)** Cleavage الانقسامات التي تنقسمها البويضة المخصبة هي انقسامات غير مباشرة إلاّ أنها غير متبوعة بفترة نمو ، إذ إنّ الهدف من الانقسام هو زيادة عدد الخلايا وبالتالي النمو ؛ ولهذا يطلق على هذه الانقسامات بالتفلج Cleavage والتي تكون أولاً ما يعرف بالموريولا (التوتة) .

٢ – **البلاستولا** Blastula بعد عملية الإنبات وفي نهاية الانقسامات الأولى تتكون مجموعة كبيرة جداً من الخلايا (طبقة واحدة) لها تجويف بلاستولي Blastocoel ويطلق عليها البلاستولا Blastula .

٣ – **الجاسترولا** Gastrula نتيجة لانقسام الخلايا باستمرار ، يتميز الجنين إلى طبقتين من الخلايا : طبقة خارجية تُدعى الاكتودرم Ectodorm وطبقة داخلية تُدعى الاندودرم Endoderm وفي النهاية تتكون طبقة ثالثة تسمى الميزودرم Mesoderm . وهكذا في نهاية الأسبوع الثالث من الحمل تكون الطبقات الثلاثة كاملة ويطلق عليها بالطبقات الجرثومية Germ Layers التي تنمو وتتميز إلى تكوين أعضاء وأجهزة الجسم المختلفة يمكن تلخيصها بما يلي :

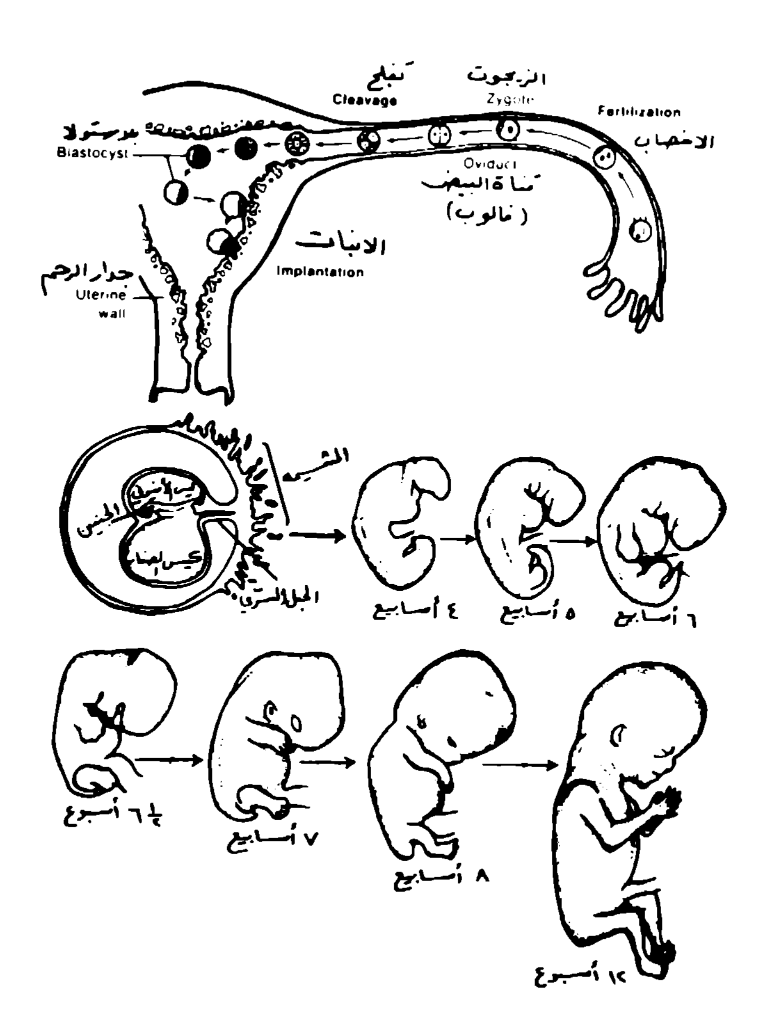
أ – طبقة **الاكتودرم** Ectoderm Layer وينشأ منها الجهاز العصبي المركزي وأعضاء الحس المختلفة والجلد (البشرة) بما فيها من تركيبات مختلفة كالشعر والأظافر .

ب – طبقة **الميزودرم** Mesoderm Layer وتتكون منها العضلات والعظام والأنسجة الضامة الأخرى والأنسجة المبطنة للأوعية الدموية وتجاويف الجسم والجهاز البولي والدوري والأوعية الدموية والجهاز التناسلي .

جـ – طبقة **الاندودرم** Endoderm وتعطي الجهاز الهضمي (الأمعاء) وبعض الغدد كالكبد والبنكرياس وبطانة الجهاز التنفسي والرئتين .

وفي اليوم الواحد والعشرين ، تبدأ الأعين بالتشكل . وفي اليوم الرابع والعشرين تبدأ الثنيات القلبية بالنبض بمعدل ١٠٠٫٠٠٠ نبضة في اليوم . وفي نهاية الشهر الأول

يصبح شكل الجنين على شكل حرفC وتبدأ القطع العضلية Somites بالظهور التي منها تتشكل العظام والعضلات والأنسجة الضامة ، ثم القلب حتى يصبح أكثر تعقيداً ويتكون من أربع حجرات .



الشكل (١٤-٨) : بعض مراحل تطور جنين الإنسان

وخلال الشهر الثاني ، يتضاعف حجم الجنين حوالي ٥٠٠ مرة إذ يبلغ طوله حوالي ٢٫٥ سم ويزن ١ غم ؛ وبالرغم من صغره إلاّ أنه يبدو جنين إنسان Fetus من

حيث المظهر ، ورأسه كبير نسبياً بالنسبة للجسم ، كما تتشكل الأذرع والأرجل والأقدام . وتبدأ مبادئ الجهاز التناسلي بالتكوين ويشكل الكبد ١٠٪ من الجسم إذ يعتبر العضو الأساسي لتكوين الدم في فترة الحمل .

والجدير بالذكر أنّ الشهرين الأولين لتطور الجنين هي **فترة حرجة وحساسة** ، إذ إنّ معظم التشوهات الجنينية قد تحدث في هذه الفترة . وعليه ، فإنّ تناول بعض العقاقير الطبية والكحول قد يؤثر على الجنين أو تشوهاته ولهذا على الأم الحامل تجنب ذلك ما أمكن .

خلال الشهر الثالث ، يبدأ الجنين بالتحرك فيحرك أذرعه وأقدامه كما يمكن للأم (أحياناً) أن تشعر في ذلك ، وإذا لم تشعر بحركته فلعل ذلك يرجع لصغر حجمه وقصر أطرافه من أن تبلغ ضرباته وركلاته جدار رحم أمه فتحس به ؛ وفي خلال هذا الشهر يتكون الجهاز التنفسي جيداً والجهاز البولي بشكل سريع . وباختصار ، في نهاية هذه المرحلة نهاية الشهر الثالث ، يصبح طول الجنين حوالي ٩ سم ووزنه ١٥ غم وتكون جميع معالم الأعضاء قد تكونت وتشكلت .

٤ – المشيمة : Placenta

من الأمور الحتمية في الحمل عند الثدييات (الإنسان) هو اعتماد الجنين كلياً على الأم ، أي وجود تبادل غذائي بين الأم والجنين . ولهذا فإنّ الجنين يتصل بجدار الرحم بواسطة غشاء سميك يسمى المشيمة (الخلاصة) Placenta والمشيمة عبارة عن نسيج اسفنجي متخصص من خلاله يتم تبادل الأكسجين والماء وجزيئات الغذاء بين الأم والجنين ؛ وتتكون من بطانة الرحم من جهة الأم ومن الغشاء الكوريوني من جهة الجنين وفيها تنتشر أوعية دموية كثيرة وعندها تلتقي أوعية دم الأم والجنين ولكن دون اتصال مباشر بين الدورة الدموية للأم والدورة الدموية للجنين بل يتم ذلك عن طريق الانتشار الغذائي (لاحظ الشكل ١٤–٩ والشكل ١٤–١٠) .

يتصل الجنين بجدار الرحم (المشيمة) بواسطة أوعية دموية خاصة تسمى الحبل السري Umbilical Cord . وعليه ، إذا عملنا قطاعاً عرضياً في الحبل السري تتكشف لنا ثلاثة أوعية دموية (ادرس الشكل ١٤–١٠) مهمة هي :

أ – الوريد السري Umbilical vein وريد دموي واحد متسع نسبياً وظيفته حمل الدم المؤكسد والغذاء من المشيمة (الأم) إلى الجنين .

ب – الشرايين السرية Umbilical arteries شرايين دموية عددها (اثنان) أقل قطراً من الوريد السري ، وظيفتها إرجاع الدم غير المؤكسد والفضلات من الجنين إلى الأم . وهنا لابد من ملاحظة أنّ دم الواحد منهما لا ينتقل إلى الآخر وإنما يتبادلان المواد خلال الشعيرات الدموية للمشيمة .

٥ – الأغشية الجنينية Extra - Embryonic Membranes

في نهاية الأسبوع الثالث من الحمل تتكون الأغشية الجنينية (من الجنين) لحفظ وحماية الجنين طيلة فترة الحمل ، وهذه الأغشية هي :

١ – **الغشاء الأمنيوني** (الرهلي) Amnion Membrane غشاء يحيط بالجنين مباشرة (لاحظ الشكل ١٤–٩) مملوء بسائل مائي يعرف بالسائل الأمنيوني أو الرهلي Amniotic Fluid ويوجد الجنين معلقاً فيه بحرية ويقيه من المؤثرات أو الصدمات الناتجة من ضغط الأعضاء الداخلية للأم . يحتوي السائل الأمنيوني على خلايا معلقة به كانت قد انسلخت من الجنين فهي تشبه تماماً خلايا الجنين . وقد تستخدم هذه الخلايا للتعرف إلى الجنين قبل ميلاده وذلك عن طريق عملية خاصة (Amniocentesis) والتي تتلخص بازالة جزء من السائل الأمنيوني بما فيه بعض خلايا الجنين بواسطة إبرة طبية خاصة ؛ وتجري هذه العملية عادة في الشهر الرابع (١٣–١٨ أسبوعاً) من الحمل . بعدها يجري فحص خلايا الجنين من حيث الكروموسومات أو الأحماض الأمينية أو بعض الأنزيمات ... وذلك للتعرف إلى بعض العيوب أو الأمراض الوراثية لغرض ما يعرف اليوم بالارشاد الوراثي .

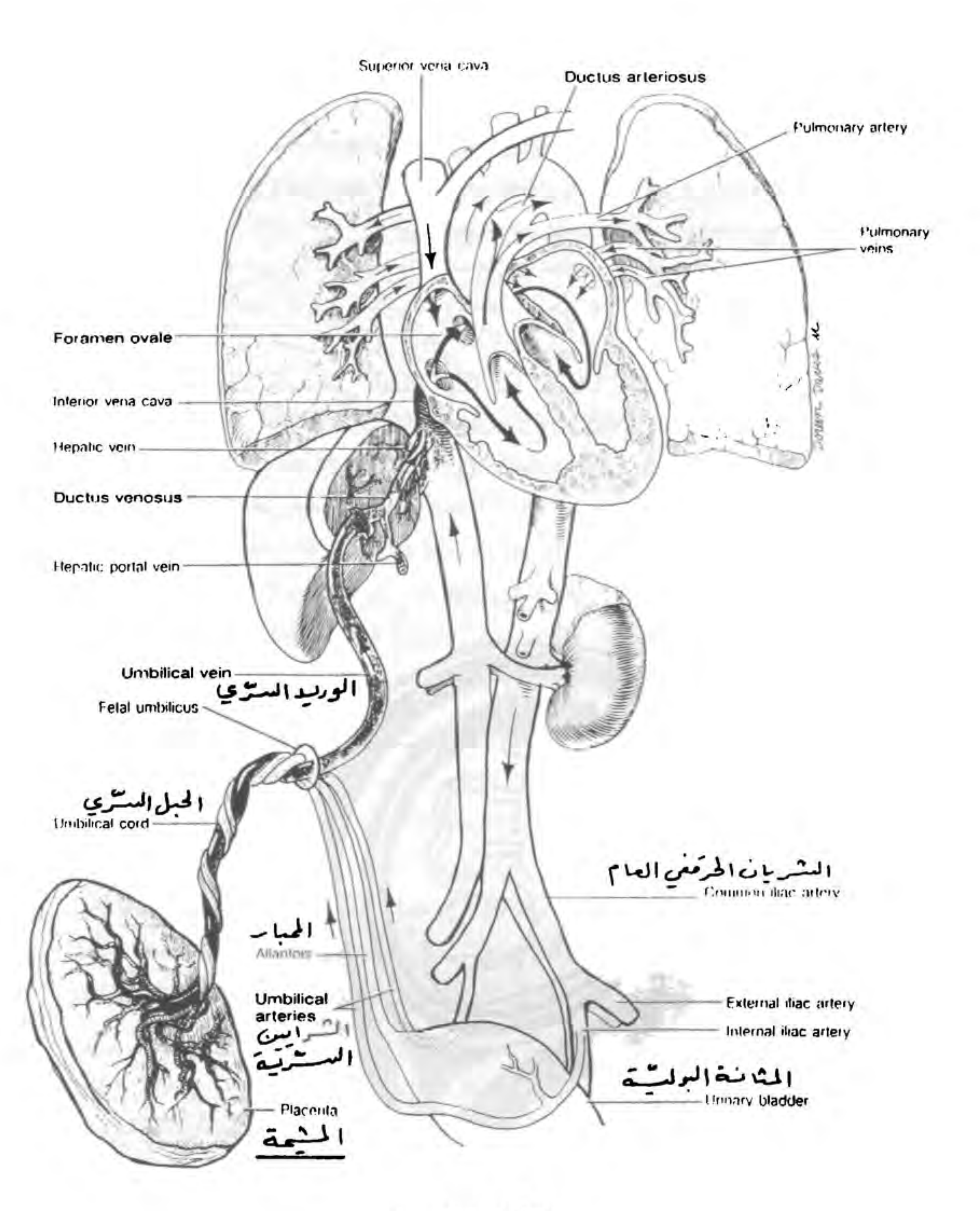
٢ – **الغشاء الكوريوني** Chorion Membrane غشاء خارجي يحيط بالجنين والأغشية الجنينية الأخرى ؛ بالاضافة إلى حماية الجنين فإنّ له علاقة مباشرة في التغذية والتنفس والإخراج ما بين الأم والجنين ، إذ عندما يتكون الغشاء يرسل أغشية أو زوائد كوريونية على شكل الأصابع تسمى الخملات الكوريونية Chorionic villi التي تغوص وتتعمق في بطانة الرحم حتى تصبح نقطة حتمية

لتبادل الغذاء والأكسجين والفضلات بين الأم والجنين أو العكس .

٣ - **كيس الصفار** (المح) Yolk sac وظيفة الصفار الأساسية هو تزويد الجنين بالغذاء طيلة فترة الحضانة . إلاّ أنّه في الثدييات غير مهم ، وذلك لأنّ الجنين يعتمد كلياً على الأم من حيث الغذاء والأكسجين والتخلص من الفضلات . ولهذا نجد كيس الصفار أثرياً في الثدييات (لاحظ الشكل ١٤-٩) . لكنّ الأمر يختلف بالنسبة للزواحف والطيور والتي تتكاثر بالبيوض ، حيث إنّ أجنة الطيور والزواحف تعتمد على الصفار طيلة فترة الحضانة ، ولهذا نجد جدرانه مزود بشبكة من الأوعية الدموية لنقل الغذاء من الصفار إلى الجنين ، وكلما صغر حجم كيس الصفار بسبب استهلاك الجنين للغذاء انضمت جدرانه حتى يتلاشى بفقص البيضة .



الشكل (١٤-٩) : الجنين والأغشية الجنينيّة



الشكل(١٤-١٠)

دورة الجنين والأوعية الدموية السريّة

٤ – **كيس الالنتويس** (المبار) Allantois Sac وهو كيس جمع الفضلات والنفايات النيتروجينية خاصة في الطيور والزواحف ، إذ لا بد لها من مكان خاص لجمع الفضلات خلال فترة تطور الجنين . أمّا في الإنسان فيعتبر كقنوات بولية أو إخراجية للجنين خاصة في الفترة الأولى من حياة الجنين ، بعدها يعتمد الجنين على الأم إذ يتخلص من فضلاته عبر الشرايين السرية إلى المشيمة فالأم كما ذكرنا سابقاً .

ثانياً : مرحلة الثلاثة الشهور الثانية : The Second Trimester

خلال الشهر الرابع تصبح حركة الجنين واضحة للأم نظراً لكبر حجمه نسبياً إذ يصل طوله حوالي ١٤ سم ويزن ١١٥غم . ويمكن ملاحظة هيكله العظمي عن طريق الأشعة السينية ؛ كما ينمو الشعر على رأسه وعلى شكل زغب . وفي نهاية الشهر الخامس يزداد في الحجم ويصبح طوله حوالي ٢٠ سم ووزنه ٢٥٠غم تقريباً . وفي هذه الفترة يمكن سماع دقات القلب التي تصل حوالي ١٢٠–١٦٠ ضربة في الدقيقة بواسطة جهاز السمع Stethoscope كما أنّ ابن خمسة أشهر يبدأ بفقدان وتعويض خلاياه والتي تستمر عادة مدى الحياة . وفي هذه المرحلة تكون المشيمة قد نمت أكبر حتى أنها تغطي حوالي ٥٠٪ من الرحم .

وخلال الشهر السادس ، يصل طول الجنين ٣٠–٣٦ سم ، ووزنه حوالي ٦٨٠ غم. وفي نهاية هذا الشهر يصل درجة من النضج بحيث أنّ بعض التقارير العلمية تذكر أنّ الجنين قد يعيش خارج الرحم مع مساعدة قوية في الغذاء والتنفس في الحاضنة.

ثالثاً : مرحلة الثلاثة الأشهر الأخيرة The Final Trimester

يزداد الجنين في حجمه ووزنه بشكل ملحوظ وبسرعة لدرجة أنّ حجمه يتضاعف في هذه الفترة . ولذلك يتطلب غذاء أكثر كما ينتج فضلات أكثر . ولذلك، فإنّ الأم الحامل لابد وأن يشتغل قلبها بشكل أكبر لتزويد الغذاء والأكسجين لفردين ، ولابد لها أن تتنفس لفردين أيضاً ، لذا يرتفع ضغطها كما تزداد دقات القلب وقد يصبح تنفسها صعباً خاصة عندما يضغط الجنين على الحجاب الحاجز ويبقى الحال

كذلك حتى ينقلب الجنين ويصبح رأسه باتجاه عنق الرحم (الشكل ١٤-٩) قبل الولادة بعدة أسابيع .

وفي هذه المرحلة تنمو الخلايا بكثرة وبسرعة خاصة خلايا الدماغ ؛ ولهذا فإنّ هذه المرحلة **مهمة وحرجة لتشكيل خلايا الدماغ** . وعليه ، فإنّ تناول الأغذية البروتينية من قبل الأم أمر ضروري وهام لبناء خلايا الدماغ بشكل سليم ، كما أنّ تناول الكحول والمشروبات الروحية الأخرى قد تتسرب إلى خلايا وأنسجة الجنين وتتلفها .

وفي نهاية المرحلة ، يبدأ الحليب بالتكون في الغدد الثديية ؛ وكذلك تكون الأم في مرحلة ليست لصالحها ، إذ إنّ ٨٥٪ من الكالسيوم والحديد الذي تتناوله الأم يذهب إلى تكوين العظام وخلايا دم الجنين على الترتيب ، ومن البروتين الذي تتناوله يذهب قسم كبير من **النيتروجين لنمو الخلايا العصبية** خاصة خلايا الدماغ . وهنا يطرح السؤال التالي : إذا لم تستطع الأم الحامل تناول الأغذية البروتينية فما أثر ذلك على معامل ذكاء الطفل ؟ في المتوسط ، وجد أنّ أطفال العائلات الأمريكية الفقيرة لهم معامل ذكاء أقل من أطفال العائلات الغنية ، وهنا نتساءل : هل غذاء الأم له علاقة بقلة معامل ذكاء الأطفال ، أم أنّ معامل ذكائهم قليل لأنهم فقراء ؟

وفي الشهر الأخير من الحمل ، يبطؤ نمو الجسم وفي ذلك حكمة ، إذ إنّ استمرار نمو الجنين بالمعدل السابق يعني أنّ الجنين سوف يصل وزنه إلى حوالي ٩٠ كغم عند الولادة !.

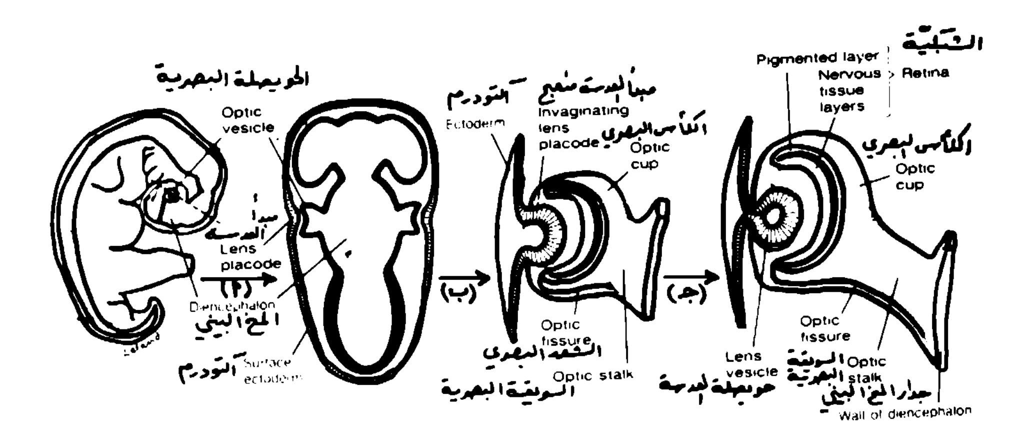
تكوّن أعضاء مختارة (العين والقلب والكلية) في التطور الجنيني

أولاً : العين

تنشأ العين من طبقة الأكتودرم في التطور الجنيني ، والشكل (١٤-١١) يبيّن باختصار تكوّن العين في التطور الجنيني . ففي الأسبوع الرابع من التطور الجنيني تبدأ الأعين بالتشكل على النحو التالي :

١ - تكوين ما يعرف **بالحويصلة العينية (البصرية)** Optic vesicles وهي نموات جانبية تنشأ من جهتي المخ البيني Diencephalon.

٢ - بتوسع جانبي الحويصلة العينية يتكون جزء بصري جديد مكون من طبقتين (خارجية وداخلية) **يسمى الكأس البصري** Optic cup الذي يتمايز فيما بعد إلى شبكية العين . والطبقة الداخلية تكون طبقات النسيج العصبي للشبكية بما فيها المستقبلات الخلوية والعناصر العصبية الأخرى ؛ والطبقة الخارجية تكون ما يعرف بطبقة الخلايا الصبغية لشبكية العين .



الشكل (١٤-١١)

تكوين العين في التطور الجنيني

٣ - يضيق الجزء القريب لكل من الحويصلة العينية (البصرية) ويتكون ما يعرف بالسويقة البصرية (Optic Stak) التي لا تلبث أن تندمج مع العصب البصري .

٤ - تغلظ طبقة الاكتودرم ويتكون ما يعرف **بمبدأ** (أساس) **العدسة** Lens Placode الذي لا يلبث أن ينبعج ليشكل **حويصلة العدسة** Lens vesicles حيث تكون كل حويصلة محاطة بالكأس البصري .

٥ - بالتمايز البصري المستمر ، تنفصل حويصلات العدسة من طبقة الاكتودرم ويتشكل جسم كروي داخل فتحتي كل كأس بصري ، وتتمايز أخيراً إلى

عدسات العين . في حين تتمايز الخلايا السطحية لحويصلات العدسة إلى قرنية العين .

ثانياً : القلب

ينشأ القلب من طبقة الميزودرم في التطور الجنين . والشكل (١٤-١٢) يوضح رسماً تخطيطياً لتكوين القلب في المرحلة الجنينية وذلك وفق الخطوات المختصرة التالية:

١ - ينشأ القلب من أنبوب نابض Pulsating tubule الذي يستقبل الدم من الأوردة عند الطرف الخلفي ويضخ الدم إلى الشرايين من الطرف الأمامي (لاحظ اتجاه الأسهم في الشكل ١٤-١٢) .

٢ - في الأسبوع الخامس من التطور الجنيني ، يبدأ القلب الأنبوبي Tubular Heart بالنمو بشكل سريع، ويتطور القلب إلى تركيب بشكل حرف (S).

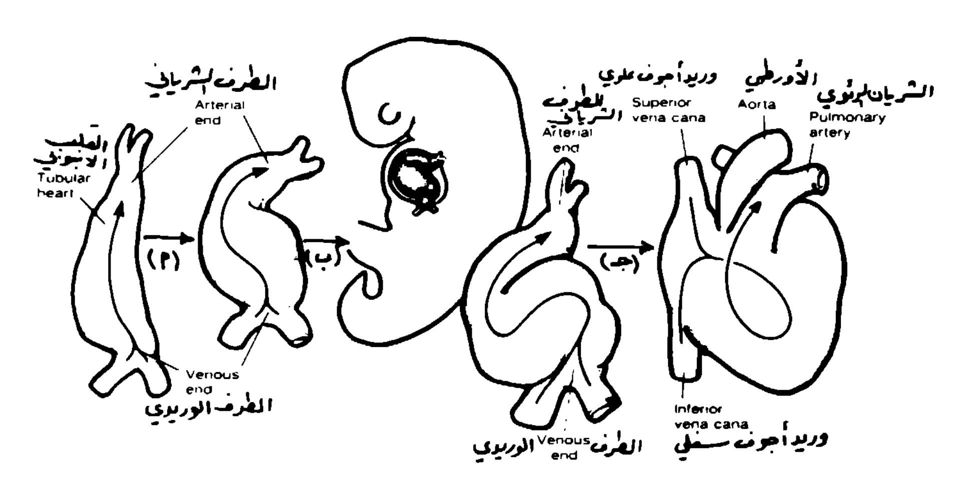
٣ - بالتمايز المستمر ، ينقسم الوعاء الدموي الأمامي (الذي ينقل الدم خارج الجسم) إلى وعائين هما : الشريان الرئوي (ينقل الدم إلى الرئتين) والأورطي الذي ينقل الدم إلى أوعية الدم الأخرى لتزويد بقية الجسم بالدم . ويتطور الوعاء الدموي الذي يدخل الطرف الخلفي للقلب إلى وريد أجوف علوي وآخر سفلي اللذين ينقلان الدم غير المؤكسد من جزئي الجسم (الأمامي والخلفي) إلى القلب .

٤ - وأخيراً ، يبدأ التقسيم داخل القلب وتتكون أربع حجرات قلبية (أذينين وبطينين) في نهاية الأسبوع السابع من التطور الجنيني .

ثالثاً : الكلية

تنشأ الكليتان في التطور الجنيني من طبقة الميزودرم . والشكل (١٤-١٣) يوضح مراحل تكوين الكليتين في التطور الجنيني وفق الخطوات التالية :

١ - تنشأ الكليتان في التطور الجنيني من خلايا عمادية لطبقة الميزودرم المتوسطة Intermediate Mesoderm . وخلال التطور الجنيني تتشكل ثلاثة أزواج من الكلى من طبقة الميزودرم المتوسطة وهي :



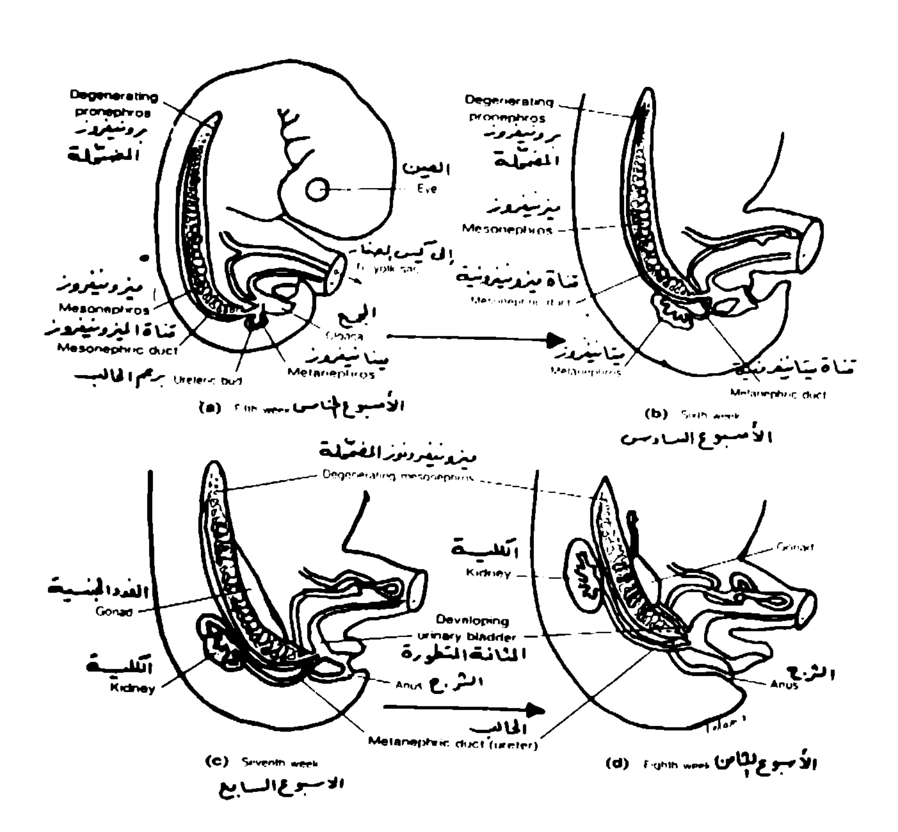
الشكل (١٤ – ١٢) : تكوين القلب في التطوّر الجنين

الزوج الأول : البرونيفروز Pronephros (الأولية أو ما قبل النيفرونات) وعلى الرغم أنها غير وظيفية في الانسان حيث تضمحل وتزول في الأسبوع الرابع – الخامس ، إلاّ أنه يبقى منها ما يعرف بقنوات البرونيفروز Pronephric ducts وتستخدم من قبل الزوج الثاني من الكلى .

الزوج الثاني : الميزونيفروز Mesonephros (النيفرونات المتوسطة) وتتصل أنابيبها مع القنوات البرونيفرونية لتشكل ما يعرف بالقنوات الميزونيفرونية Mesonephric ducts . وفي الأسبوع السادس، وعندما تصل الميزونيفرونات أقصى حدّ لها ، يبدأ الجزء العلوي منها بالزوال بينما يبقى الجزء السفلي منها حتى نهاية الأسبوع الثامن .

الزوج الثالث : الميتانيفروز Metanephros (النيفرونات البعدية) وهي التي تتمايز إلى الكلى في الإنسان البالغ .

وفي حوالي الأسبوع الخامس من التطور الجنيني ، تبدأ بالتشكل نموات (براعم) جوفاء خارجية تسمى براعم الحالب Ureteric Buds من الطرف البعيد لكل قناة من قناتي الميزونيفرون بالقرب من اتصالهما عند المجمع الجنيني ، ولا تلبث هذه البراعم (الحالبية) أن تتمايز إلى تكوين الحالبين والكأس الكلوي وحوض الكلية . هذا وبالتمايز المستمر والتطور الجنيني ، تتكون (النيفرونات) الكلوية (الوحدة الكلوية الوظيفية في الكلية) من رأس طبقة الميزودرم المتوسطة .



الشكل(١٤-١٣)

تكوين الكلى في التطور الجنيني

الولادة : Birth

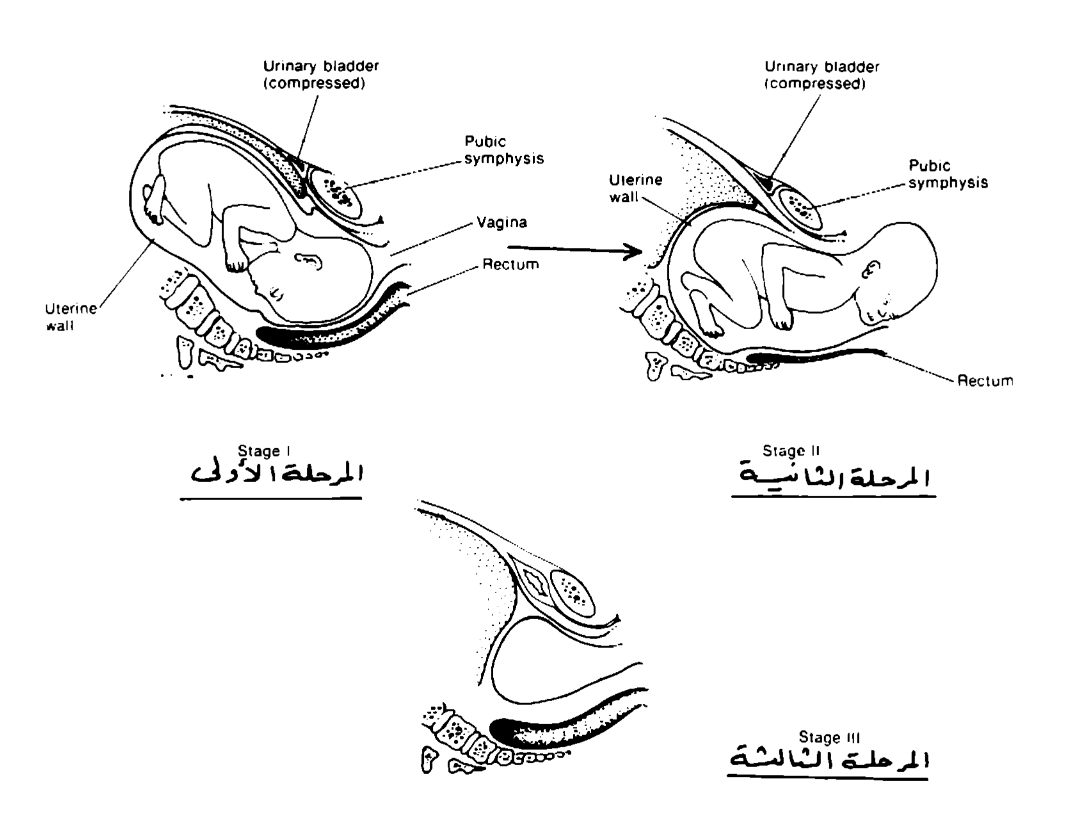
قبل الولادة بعدة أسابيع يتغير وضع الجنين بالتدريج حتى يصبح رأسه باتجاه الرحم في ٩٥٪ من حالات الولادة ؛ ويكون الجنين جاهزاً للولادة بعد (٣٨) أسبوعاً (٢٦٦يوماً) من الاخصاب ، أو ٢٨٠ يوماً بعد الطمث (الحيض) أو الدورة الشهرية الأخيرة للأنثى . وبالرغم أنّه من الصعب تحديد يوم الولادة بالضبط إلاّ أنّه يمكن التنبؤ بميعاد الولادة في حدود عشرة أيام (أكثر أو أقل) . وعليه ، يمكن حساب موعد الولادة كما يلي : يُضاف (٧) أيام لليوم الأول من آخر دورة طمث ثم يُطرح ثلاثة أشهر وتُضاف سنة كاملة . ولتوضيح ذلك ، إذا حدثت آخر دورة حيض في ١٣ حزيران ، فإنّ احتمال **موعد الولادة** يُحسب بالكيفية التالية :

١٣ حزيران + (٧) أيام – (٣) أشهر + (١٢) شهراً = (٢٠) آذار / السنة التالية . وقبل الولادة ، تبدأ تقلصّات وانقباضات الرحم لدفع الجنين للخارج وهذا ما يسمى بالمخاض Labor . وهذه التقلصات هي الاشارة الأولى لبدء عملية الولادة وبالتالي الإنطلاق إلى مستشفى الولادة وغرفة العمليات . ويستغرق المخاض ما بين ٨–١٨ ساعة **ويقسم إلى ثلاث مراحل** (الشكل ١٤–١٤) هي :

١ – **مرحلة الاتساع أو التمدد** dilation Stage وتستغرق ما بين ٢–١٦ ساعة وتطول هذه المرحلة خاصة في الإناث التي تضع لأول مرة . وتبدأ عادة بانقباضات الرحم وتنتهي باتساع عنق الرحم لدرجة يسمح لخروج الوليد . وفي بداية المرحلة ، تشعر الحامل بانقباضات الرحم مرة كل ١٥–٢٠ دقيقة وبدرجة متوسطة ؛ وفي نهاية المرحلة تكون انقباضات الرحم قوية ومتعاقبة مرة كل دقيقة إلى دقيقتين وتنتهي باتساع عنق الرحم ليصل قطره حوالي ١٠ سم ليسمح بخروج الوليد . كما ينشق الغشاء الأمنيوني (الرهلي) وينزل السائل متجهاً إلى الخارج . هذا ، وتشعر المرأة الحامل بآلام المخاض في منطقة الظهر السفلية ثم تمتد إلى الجوانب حتى تصل مقدمة البطن .

٢ – **مرحلة خروج الوليد** Expulsion Stage تستغرق هذه المرحلة ما بين ٢–٦٠ دقيقة ؛ وفيها يبدأ ظهور رأس الوليد في عنق الرحم ، وتتوالى انقباضات

وتقلصات الرحم والتي تستمر كل انقباضة ٥٠-٩٠ ثانية وعلى فترات متقاربة جداً (دقيقة إلى دقيقتين) تنتهي بخروج الطفل خلال المهبل للخارج ؛ ويكون الطفل عادة متصلاً بالحبل السري حيث يقوم الطبيب بربطه وقطعه . إنّ قطع الحبل السري يعني قطع مصدر الأكسجين . والغذاء للطفل ولهذا لابد وأن يبدأ حياته منفصلة عن الأم خاصة بالتنفس الهوائي ولعل بكاء الطفل بعد الولادة مباشرة يساعده في ذلك نتيجة لاندفاع الهواء الجوي مباشرة إلى مجرى التنفس فالرئتين.

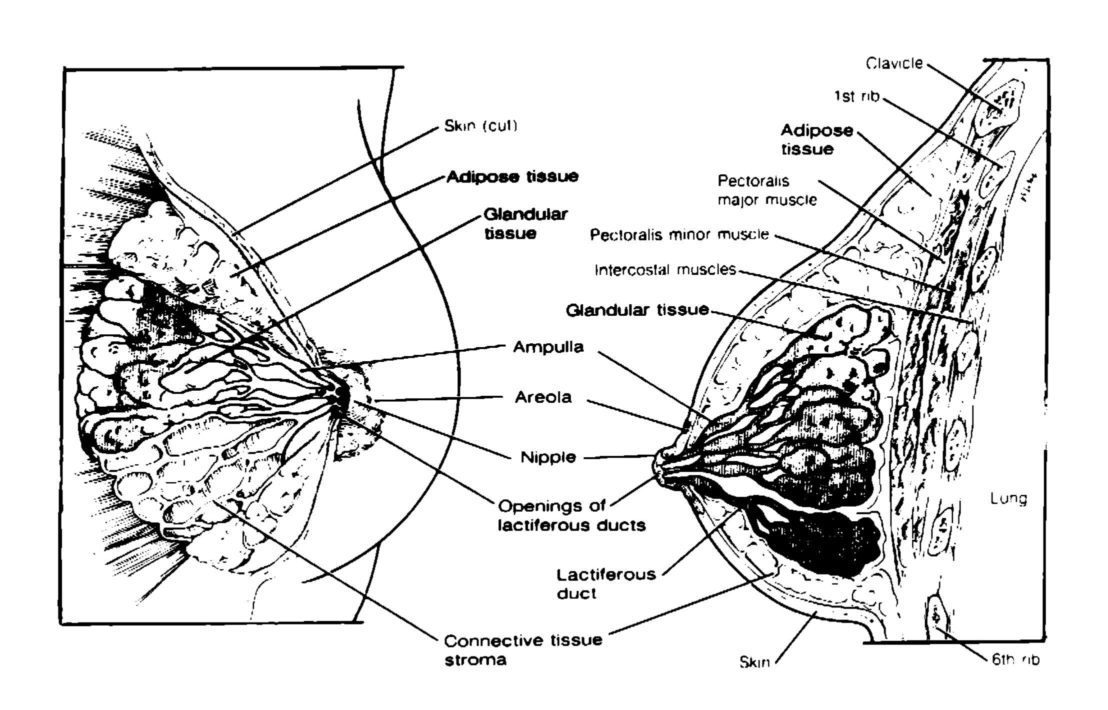


الشكل (١٤-١٤) : مراحل الولادة الثلاث

٣ – **مرحلة خروج المشيمة** ، بعد ولادة الطفل تنفصل المشيمة (الخلاصة) وتخرج خارج الجسم بفعل تقلصات الرحم ، ويصحب ذلك خروج سوائل الحمل وبعض الدم الذي ينتج عن تمزق المشيمة مما يتوجب على الأم أن تتغذى تغذية جيدة كماً ونوعاً .

إفرازالحليب :

يتكون الثدي من حوالي (١٥–٢٠) غدة ترتبط بعضهـــا ببعـض على شكـــل عنقودي (انظر إلى الشكل ١٤–١٥) تسمى غدد الحليب أو الغـدد اللبنيّـــة .



الشكل(١٤–١٥) : الثدي والغدد اللبنيّة

وهذه الغدد بحاجة إلى جهاز قنوي يصل بينها وبين حلمة الثدي ، لذا توجد في نهايتها الحويصلات التي تصب في قنوات صغيرة ثانوية التي لا تلبث أن تتحد فيما بينها مكونة قناة نهائية تسمى قنوات الحليب (أو قنوات اللبن) تتصل بحملة الثدي .

هذا ، **ويكون إفراز الحليب وادراره بتأثيرات** : هرمونية (مثل الهرمون المنبّه لافراز الحليب ، وهرمون الاوكسيتوسين) وعصبيّة ونفسية وميكانيكية مثل مص الطفل لحلمة الثدي . ويسمى الحليب الذي يُفرز في أول (٢-٣) أيام **الحليب اللبأ** Colostrum الذي يختلف تركيبه نسبياً عن الحليب العادي ، إذ يكون غنياً بالبروتينات الضرورية لنمو الجسم وفقيراً بالدهون بوجه عام . وعليه ، فهو يعمل على تغذية الطفل من جهة ، وتنظيف أمعائه من المواد المخاطية وافرازات الصفراء التي كانت قد تراكمت خلال فترة الحمل من جهة أخرى . كما أنّ إرضاع الطفل رضاعة طبيعية تساعد على إعادة الرحم إلى حالته الطبيعية وربما كذلك تنظيم الحمل تنظيماً طبيعياً .

وكدراسة مقارنة ، يبيّن الجدول (١٤-١) تركيب حليب المرأة مقارنة بمكونات (الحليب) عند بعض الثدييات الأخرى كالبقرة على سبيل المثال .

جدول (١٤-١)

مكونات حليب المرأة (غم/١٠٠مل) مقارنة بمكوناته عند البقرة

المادة	حليب المرأة	حليب البقرة
١ - الماء	٨٨ر٥	٨٧
٢ - سكر الحليب (لاكتوز)	٧ر٠	٤ر٨
٣ - الدهون	٣ر٣	٣ر٥
٤ - البروتينات		
- كازين	٠ر٩	٢ر٧
- لاكتو ألبيومين وبروتينات أخرى.	٠ر٤	٠ر٧
٥ - الأملاح المعدنية		
- بوتاسيوم	٠ر٠٤١	٠ر١٥٠
- كالسيوم	٠ر٠٣٠	٠ر١٢٠
- فسفور	٠ر٠١٣	٠ر٠٩٥
- صوديوم	٠ر٠١١	٠ر٠٥٠

تنظيم الحمل (النسل) Birth Control

تشير التقارير العلميّة إلى أنّ عدد سكان العالم بازدياد مستمر بينما مصادر الغذاء تكاد تكون محدودة . زد على ذلك أنّ الأرض الصالحة للزراعة تقل تدريجياً خاصة وأنّ حركة العمران أخذت تجتاح الأراضي الزراعية .

كما أصبحت الحياة اليوم معقدة في عصر العلم والتكنولوجيا وأصبحت تكاليف المعيشة والتعليم والصحة ... عالية لدرجة أنّ ملايين العائلات لا تستطيع تحمل ذلك . ولذلك أخذت دول كثيرة توجه شعوبها لتحديد النسل أو لتنظيم العائلةFamily Planning ؛ وعلى الرغم أنّ لكل عائلة ظروفها الخاصة ومبرراتها ، إلاّ أنّ هناك مبررات كثيرة عالمية تدعو إلى **تشجيع تنظيم العائلة وتحديد النسل** ، من هذه المبرّرات ما يلي :

١ – الزيادة الكبيرة في عدد سكان العالم ، فقد أعلن المؤتمر الدولي للتخطيط العائلي أنّ سكان العالم يتزايدون بمعدل يزيد على ثمانين مليون شخص سنوياً ، ومن المتوقع أن تبلغ الزيادة حوالي مئة مليون مع نهاية القرن الحالي .

٢ – الرقعة الزراعية محدودة ، الزيادة في السكان جعلت ملايين الناس يزحفون إلى الأرض الزراعية باقامة البنايات والمصانع والمشاريع المختلفة لدرجة أنّ هناك دولاً أخذت تصدر القوانين والأنظمة للحد من خطر نقصان الأرض الزراعية ، ودعت للزيادة في الانتاج العمودي بدلاً من التوسع الأفقي ما أمكن ذلك .

٣ – تكاليف الحياة أصبحت عالية في ظل العلم والتكنولوجيا حالياً عند مقارنتها بتكاليف الحياة قبل عقدين من الزمن .

٤ – من الناحية التربوية ، يمكن الإعتناء بطفل أو طفلين بصورة أفضل من الإعتناء بعدة أطفال .

٥ – اتجاه المرأة نحو العمل أو الوظيفة وبالتالي اتجاه النساء نحو ما يعرف بحرية المرأة ومشاركة الرجل بشتى الأعمال والوظائف .

٦ – اعتبار الناحية الصحية للمرأة ، إذ إنّ كثرة الحمل والولادة وعمل البيت والعمل

يرهق صحة المرأة وربما يلحق بها الضرر .

٧ - مبررات شخصية ، كالحرية الشخصية والحالة المادية وكثرة سفر وترحال الوالدين... الخ .

٨ - مبررات وأبعاد سياسية ، وهذا يتوقف على الدولة أو المجتمع أو الفرد ونظرته إلى الموضوع ككل ، فقد يكون هناك مبرر سياسي للحد من النسل ، وقد يكون البعد السياسي عكس ذلك وبالتالي تشجيع النسل .

هذا ، وعلى الرغم أنّ المبّررات أو المسوّغات السابقة يمكن دحضها نقطة نقطة، إلاّ أننا لسنا في مجال مناقشتها أو حتى الدعوة إليها ، فذلك متروك للعائلة نفسها لاتخاذ القرار المناسب .

ومهما يكن الأمر ، **هناك طرق عديدة يمكن اتباعها لمنع الحمل** ، بعضها يمكن استخدامها دون نصيحة أو مشورة الطبيب والبعض الآخر لابد من استشارة الطبيب . وطرق منع الحمل Contraceptives كثيرة يتوقف اختيار الطريقة على التفضيل الشخصي والناحية النفسية والمعتقدات الدينية والتاريخ الطبي للمرأة . وحيث إنّ هناك عدداً كبيراً من العائلات ترغب في تحديد النسل لكنها لا تعرف الشئ الكافي عن هذه الطرق خاصة فعاليتها وتأثيراتها الجانبية ، لهذا نورد فيما يلي بعض هذه الطرق وهي :

أولاً : طريقة الدورة الشهرية : The Rhythm Method

ذكرنا سابقاً أنّ المبيض (بالتناوب) يفرز بويضة واحدة شهرياً بعد أن تصل الأنثى سن البلوغ ، فإذا صادفت هذه البويضة حيواناً منوياً تم الإخصاب والحمل والولادة . ولكن كيف يمكن تجنب ذلك ؟ إنّ القاعدة العامة **والمبدأ العلمي** لهذه الطريقة هو أنّ التبويض (الإباضة) Ovulation يحدث قبل الطمث (الحيض) أو بداية الدورة بـ١٤ يوماً ، وقد تزيد (الدورة) لتصل ٣١ أو ٤٠ يوماً . والشائع عند معظم النساء هو ما يقارب من (٢٨) يوماً . وعليه فإنّ التبويض يحدث في اليوم الرابع عشر من الدورة ، ولذا من لا يريد حملاً عليه أنّ يتجنب الإلتقاء بزوجته في هذا اليوم بالذات . ولما كانت البويضة تبقى حية ٢٤ ساعة والحيوانات المنوية ٤٨ ساعة ، ولضمان عدم الإخصاب وزيادة في الاحتياط ، ينصح بعدم الإتصال بالزوجة في فترة أطول لضمان

ذلك والتي تقع ما بين ١٠-١٧ يوماً من الدورة ، بينما يمكن الإلتقاء بالزوجة في الأيام الباقية .

أما إذا كانت الزوجة لها دورة شهرية أقل من ذلك ، على فرض ٢٥ يوماً ، فحسب القاعدة السابقة يكون احتمال التبويض في اليوم الحادي عشر (٢٥-١٤=١١) ، ويفضل بالطبع تجنب الاتصال بالزوجة لفترة لا تقل عن ٣-٤ أيام لضمان منع حدوث الاخصاب والتوسع بالاحتياط . وكذلك احتمال التبويض لامرأة دورتها الشهرية ٣١ يوماً هو اليوم السابع عشر (٣١-١٤=١٧) ويمكن تجنب الالتقاء بالزوجة لعدة أيام حول هذا التاريخ وهكذا .

إذا كانت الدورة الشهرية للمرأة منتظمة ومعروفة يمكن أن تكون هذه الطريقة جيدة وفعالة إذ تصل نسبة نجاحها حوالي ٧٩-٨٧٪ بينما احتمالية الحمل تتراوح ما بين ١٣-٢١٪ سنوياً ؛ في حين وجد عند عدم استخدام أيّة طريقة لمنع الحمل أن معدّل احتمالية الحمل هو ٨٠٪ سنوياً . وهكذا فإنّ استخدام هذه الطريقة بشكل صحيح يؤخر عملية الحمل حوالي ٢-٣ سنوات وهذه فترة مقبولة عند كثير من العائلات . أما إذا كانت الدورة الشهرية للمرأة غير منتظمة ، بمعنى مرة ٣٠ يوماً وأخرى ٢٥ يوماً وثالثة ٣٢ يوماً وهكذا فإنّه من الصعب اتباع هذه الطريقة . وإذا اضطرت العائلة لاتباعها فما على العائلة إلاّ أن تأخذ معدّل هذه الدورات ومن ثم الاتساع في الاحتياط لتجنب الحمل ؛ وهكذا كلما كانت الدورة الشهرية منتظمة والعائلة متعلمة تحسنت فاعلية هذه الطريقة بوجه عام .

ثانياً : طريقة الأقراص : The Pill Method

تُسمى هذه الطريقة أحياناً بطريقة « الهرمونات الصناعية أو المركبة » . ومختصرها أنّه تم تصنيع مواد كيماوية مشابهة لهرمونات البروجستيرون والاستروجين. **والمبدأ العلمي** لها أنّها تمنع التبويض ، حيث ما دام مستوى هرمون البروجستيرون موجود بالدم بتركيز معين فإنّه يحول دون نضوج حويصلة جراف وبالتالي يمنع التبويض ، ولهذا تسمى الدورة Anovulatory Cycle بمعنى دورة شهرية بدون تبويض.

والطريقة المتبعة لأخذ الأقراص ، هو أن تبدأ المرأة بأخذ القرص الأول في بداية اليوم الخامس من الدورة الشهرية وتستمر في أخذ الأقراص في اليوم السادس والسابع... حتى اليوم الرابع والعشرين ، عندها تتوقف عن أخذ الأقراص . وهكذا تكون المرأة ، قد تناولت ٢٠ قرصاً غطت الفترة التي قد يُحتمل أن يكون فيها فترة تبويض واخصاب . وإذا صدف أنّ الحيض لم يحدث بعد أن توقفت المرأة عن أخذ الأقراص ، فتنصح المرأة أن تبدأ دورة جديدة بأخذ ٢٠ قرصاً بعد سبعة أيام من آخر يوم أخذت فيه الأقراص .

تعتبر هذه الطريقة سهلة ورخيصة إذ قدر ما يزيد على مئة مليون إمرأة في العالم تستخدم هذه الطريقة . ولعل ذلك يعود إلى سهولة استخدامها حيث تباع الأقراص على صورة عبوات ويتم تناولها بواسطة البلع بالفم ، وفعاليتها عالية جداً تصل ١٠٠٪ لكن الخطأ في الحساب أو خطأ الصيدلي في صرف العلاج يجعل فاعليتها تقل عن ١٠٠٪ (حوالي ٩٥٪) أحياناً .

هناك بعض المعارضين لتناول أقراص منع الحمل وذلك لاحتمال **تأثيراتها الجانبية**؛ فكونها علاجاً قوياً لذا يمكن أن يكون لها تأثيرات أو مساوئ جانبية مما يجعل بعض النساء يتجنبن استخدامها . **ومن هذه التأثيرات** صداع الرأس والدوخان والاستفراغ والغثيان وكبر حجم الثديين وزيادة في الوزن . علاوة على هذا فإنّ استخدام الأقراص لا يزال مجال مناقشة طويلة من حيث كونها تساعد على تجلط أو تخثر الدم -Throm boembolism حيث أشارت بعض الدراسات إلى أنّ النساء اللواتي يتناولن أقراص منع الحمل أنّ معدل إصابتهن بأمراض القلب أو إنفجار شرايين الدماغ يزيد ثمانية أضعاف عمن لا يتناولنها ؛ ولهذا تُنصح النساء اللواتي يستعملن الأقراص بمراجعة الطبيب وفحص ضغط الدم عندهن بانتظام . وهذا بالطبع أثار دراسات أخرى خرجت بنتائج متضاربة . وباختصار ، يمكن القول بأنّ معظم التقارير العلمية تشير إلى ندرة احتمال وجود تأثيرات جانبية خطيرة جداً لاستخدام الأقراص ، ، وإن وجدت تكون في نسبة قليلة جداً من النساء اللواتي عندهن حساسية كبيرة لاستخدام العلاجات والعقاقير الطبية . ويقل الخطر كلما راجعت المرأة الطبيب بصورة منتظمة وفي أول إشارة تشعر بوجود شيء غير صحي . ولذلك ، لا عجب أن نجد بعض العلماء اليوم ، انطلاقاً من

المبدأ العلمي وهو أن وجود مادة بروتينية غريبة بالجسم في غير أماكن وجودها تؤدي إلى تولد أجسام مضادة ، يعمل هؤلاء العلماء (في أمريكا) لايجاد طريقة جديدة لمنع الحمل تعتمد على تطعيم المرأة بالنطف (الحيوانات المنوية) لتتكون عندهن مناعة ضدها ولمدة كافية . كما يعمل فريق آخر لإيجاد عقاقير أو أقراص خاصة بالرجال لقتل الحيوانات المنوية دون التأثير على القدرة الجنسية وذلك لتجنب المخاطر التي قد تتعرض لها المرأة وكل هذا وذاك لا يزال في المراحل التجريبية .

ثالثاً : **طريقة اللوالب** : Intra - Uterine Device (I.U.D)

يُقال إنّ العرب هم أول من استخدم فكرة هذه الطريقة ؛ فلقد ذكر أنّ العرب نتيجة لخبراتهم كانوا إذا سافروا لمدة طويلة يلجأون إلى وضع «حجر» أو شيء آخر صلب في رحم الناقة على اعتبار أنّ ذلك يحول دون أن تحمل الناقة وبالتالي يمكن تحميلها أغراضا كثيرة ، وبالفعل كانت الطريقة تنجح من حين لآخر .

أخذ العلماء هذه الفكرة وحاولوا الاستفادة منها وذلك بتعديلها وكان ذلك في بداية الستينات إذ تبيّن أنّ وضع شيء غريب في رحم المرأة يحول دون حملها غالباً . ثم تطورت الفكرة وأخذوا يضعون أجهزة وتركيبات لولبية معدنية مختلفة الشكل سميت نسبة لمخترعها بحلقات أو لوالب جرافنبرج Grafenburg rings وكانت وقتئذ مصنوعة من الفضة أو البلاتين . لكنها اليوم عدلت وطورت إذ يوجد منها نماذج كثيرة من معادن غير قابلة للصدأ ومن مواد بلاستيكية أو نحاسية وعلى أشكال مختلفة .

والطريقةالمتبعة هو أن تراجع المرأة الطبيب ليقوم بوضع اللولب داخل الرحم بعد حدوث الطمث عادة ، ويجب التأكد من أنّه في المكان الصحيح من حين لآخر، ولهذا يوجد ما يشبه الخيط لكل لولب تستطيع المرأة بنفسها التأكد من وجوده في المكان الطبيعي .

إنّ فعالية هذه الطريقة عالية جداً قد تصل إلى ٩٧٪ ؛ وإذا حدث حمل فلعل ذلك يرجع لأحد سببين : إما أنّ اللولب قد تغير مكانه أو أنّ الحمل حدث رغم وجوده في مكانه الصحيح وهذا ناتج من النسبة الباقية (٣٪) ؛ ورغم ذلك فإنّ استعمال اللولب شائع جداً خاصة في الدول النامية ويرجع ذلك لرخصة ولكونه لا يحتاج إلى عناية أو

يستلزم أن تكون المرأة متعلمة ما دام اللولب في مكانه الطبيعي ؛ إلا أنّه ينصح بمراجعة الطبيب سنوياً أو كل ٢-٣ سنوات للتأكد منه أو استبداله . أما بعض تأثيراته الجانبية فهي شعور المرأة بألم في الحوض وزيادة في كمية دم الحيض ولا علاقة له بسرطان الرحم .

أما **المبدأ العلمي** لاستخدامه فلا يوجد تفسير علمي قاطع لذلك ، لكن رغم ذلك يقترح العلماء بعض التفسيرات التالية لعمله :

أ - قلة من التقارير العلمية تُشير إلى أنّ وجود جسم غريب في الرحم يعني «الحمل» وبالتالي لا يحدث تبويض ، إلاّ أنّ معظم التقارير العلميّة تدحض ذلك وتؤكد حدوث التبويض عند المرأة .

ب - تشير تقارير علميّة أخرى إلى أنّ التبويض يحدث كما يحدث الإخصاب، إلاّ أنّ وجود اللولب في الرحم يمنع إنبات البويضة في جدار الرحم . ويفسر البعض ذلك بأنّ وجود اللولب يسرع في حركة البويضة المخصبة في قناة البيض وبالتالي تصل الرحم قبل أن يتهيأ لعملية الإنبات فتصل عنق الرحم والمهبل وتتحلل وتموت هناك .

جـ - تقارير أخرى تشير إلى أنّ وجود اللولب يشجع الرحم نفسه على إفراز مواد سامة تعمل على تحطيم وقتل البويضة المخصبة . مما دعا بعض الأشخاص للاعتقاد أنّ مثل هذه الطريقة « إجهاض» أكثر منه مانعة حمل .

رابعاً : طريقة العمليات الجراحية Surgical Operation Method

قد يتفق الزوجان بعد انجاب العدد الكافي أو المرغوب من الأطفال ، إلى اللجوء إلى عمليات جراحية في الجهاز التناسلي لأحدهما أو كليهما وهي نوعان :

١ - **التعقيم** Sterilization وهي خاصة بالرجال ، وتعتبر أكثر طرق موانع الحمل أماناً ومن أرخصها . فبالنسبة للرجل ، ما عليه إلاّ أن يذهب إلى الطبيب فيجري له تخديراً محلياً بعدها يقطع الأوعية الناقلة للحيوانات المنوية ويطوي كل وعاء على نفسه ويربطه ، وتسمى هذه

العملية Vasectomy ، وهنا يجب ملاحظة أنّ الخصية تبقى كما هي ولا تتأثر القدرة الجنسية للرجل أبداً وأنه ينتج حيوانات منوية كالعادة لكنها لا تصل مهبل الأنثى لعدم وجود طريق سالكة لذلك ، وغالباً ما تموت هذه الحيوانات المنوية وتمتص أو تهاجم بفعل كرات الدم البيضاء . هذا ويمكن اجراء هذه العملية في مكتب الطبيب واتمامها خلال نصف ساعة فقط .

٢ – **ربط الأنابيب أو قنوات البيض** Tubal Ligation وهي خاصة بالأنثى ، وطريقة مناظرة للتعقيم عند الرجال . لكنها أصعب من نظيرتها في الرجل ، إذ تعتبر عملية جراحية رئيسية وهي بحاجة للبقاء في المستشفى لمدة معينة ، وتجري العملية بعد آخر ولادة . وملخصها أن تُقطع قنوات البيض وتُطوى على نفسها وتُربط . ولتسهيل هذه الطريقة ، يلجأ بعض الأطباء إلى إدخال إبرة أو أداة خاصة خلال المهبل والرحم فقنوات البيض ، ثم يجري « كي » Cauterization بداية القنوات كهربائياً والعمل على إغلاقها ، وبالتالي تمنع نزول البويضة للرحم أو وصول الحيوانات المنوية للبويضة التي تتلاشى دون تأثير على المرأة . فعالية هذه الطريقة ١٠٠٪ ، إلاّ أنّ كثيراً من الناس يعارضون هذه الطريقة بنوعيها ، وذلك كونهما غير قابلتين للإصلاح مرة ثانية فيما إذا رأى الزوجان ذلك أو تم تفريق بينهما لسبب أو آخر . ولهذا يحاول العلماء إعادة وصل الأوعية المنوية الناقلة ، وحديثاً تبين أنها بحاجة لعملية جراحية أكبر من سابقتها وأن نسبة النجاح قد تصل ٨٠٪ في الرجال، أمّا في النساء فإنّ إعادة ربط قنوات البيض بحاجة إلى عملية جراحية أكثر تعقيداً ونادراً ما يتم نجاحها .

خامساً : طريقة استخدام الحواجز الميكانيكية Mechanical Barriers

تعتبر هذه الطرق أقدم طرق موانع الحمل استخداماً ، فقد عرفت واستخدمت قبل الأقراص أو اللوالب . وتتلخص الطريقة بأن يلجأ الزوجان أحدهما أو كلاهما إلى استخدام أغشية مختلفة لزيادة الإحتياط عند الجماع . والمبدأ العلمي لهذه الطرق هو منع وصول الحيوانات المنوية إلى البويضة واخصابها، ومن هذه الحواجز ما يلي :

١ - **حواجز غشائية للرجال** Condoms ، وهي عبارة عن أغشية مطاطية أنبوبية يضعها الرجل على العضو الذكري قبل الجماع وبالتالي تحول دون وصول الحيوانات المنوية إلى البويضة ، ونسبة نجاحها عالية تصل ما بين ٩٠-٩٧٪.

٢ - **حاجز المهبل** Vaginal Diaphragm ، وهو عبارة عن حاجز مطاطي مرن تضعه الأنثى داخل المهبل ، وقد يستخدم معه مادة هلامية قشدية اللون لاحكام اغلاق الحاجز أو لقتل الحيوانات المنوية وتقليل فعاليتها . وعليه ، فإنّ الحاجز يعمل على منع وصول الحيوانات المنوية للبويضة . وفعالية هذه الطريقة عالية تصل ما بين ٨٣-٩٧٪ ؛ أمّا نواقص هذه الطرق فتتلخص في نسيان استخدامها وبخاصة أثناء التهيج الجنسي أو تعرضها للتمزق مما يقلل من فعاليتها . بالاضافة إلى أنّ عدم استخدام الحجم المناسب منها يزيد من احتمالية الحمل عند المرأة ، وقد يفقد الزوجان بعض اللذة الجنسية أثناء الجماع .

الفصل الخامس عشر

الوراثة في الإنسان Human Genetics

هل قرأت أو سمعت أنّ امرأة ولدت طفلاً يشبه القط ؟ أو بقرة ولدت صغيراً بشكل الأفعى ؟ أو زرعت قمحاً وحصدت فولاً ؟ أو هل أكلت تفاحة وكان مذاقها كمذاق اللحم المشوي ؟ طبعاً لا . كل هذا بسبب الصفات الوراثية للكائن الحي ؛ والعلم الذي يدرس الصفات الوراثية وانتقالها من الآباء إلى الأبناء ويبحث في تفسير أسباب التشابه والاختلاف بين الأفراد التي تجمعها صلة القرابة ومعرفة نظم انتقال هذه الصفات من جيل إلى جيل يسمى **علم الوراثة** Genetics.

تُعتبر الوراثة بوجه عام ووراثة الإنسان بشكل خاص ذات أهمية كبيرة من الناحيتين النظرية والتطبيقية ؛ فالأسس الوراثية وآلية التوريث في جميع الكائنات الحية ، بما فيه الانسان ، هي واحدة تقريباً ، ولو أنّ الانسان بامتلاكه جهازاً عصبياً راقياً يستطيع أن يعدل ويتحكم في كثير من ظروف بيئته والسيطرة عليها نسبياً من أجل تحسين ظروف معيشته في الحياة . والانسان بطبيعته ليس مادة نموذجية للأبحاث الوراثية إذ إنّ هناك **صعوبات كثيرة** تعيق دراسة الوراثة في الانسان منها ما يلي :

١ - لا يمكن التحكم في التزاوج في النوع البشري لأسباب دينية وأخلاقية

واجتماعية.

٢ – طول عمر الانسان ، وهذا لا يتيح لباحث واحد أن يتتبع أكثر من بضعة أجيال على الأكثر .

٣ – طول فترة البلوغ ، من الصعب جداً إجراء تزاوجات بين أفراد النوع البشري قبل سن الرابعة عشرة على الأقل ، أي لابد للباحث أن ينتظر مدة طويلة حتى يصل الفرد سن البلوغ لانتاج الخلايا التناسلية .

٤ – عدد الأفراد الناتجة قليل ، فالمرأة تلد مولوداً واحداً عادة وهذا قليل جداً إذا ما قورنت بكائنات حية أخرى ؛ وهكذا يكون عدد أفراد الأسرة قليلاً غير كاف للدراسات الوراثية وأبحاثها .

٥ – كثرة عدد الكرموسومات ، فالخلايا الجسدية تحتوي على ٤٦ كرموسوماً والخلايا التناسلية تحتوي على ٢٣ كروموسوماً وبالتالي يصعب على الباحث تتبع سلوك هذا العدد الكبير من الكرموسومات .

٦ – بعض الصفات الوراثية في الانسان يتحكم فيها أكثر من زوج واحد من الجينات ، أي تقع تحت سيطرة عدة جينات كلون الجلد والطول ... الخ .

٧ – طول مدة الحمل ، إذ تبلغ حوالي تسعة أشهر وهذه مدة طويلة بالمعايير البيولوجية لدراسة أو متابعة الأبحاث الوراثية .

٨ – من الصعب وضع الانسان تحت اختبارات تجريبية كدراسة تأثير صفات معينة إذا ما قورن ذلك بكائنات حية أخرى .

وهكذا نجد أن الدراسات للصفات الوراثية في الانسان ، ليست بالأمر الهين ؛ فالانسان بطبيعته ليس مادة نموذجية للأبحاث الوراثية ، برغم ذلك فإنّ الانسان قد يدخل في حياته في زيجات مناسبة للدراسات الوراثية ؛ هذا وتعتمد الدراسات الوراثية في الانسان بوجه عام على :

١ – دراسة العائلات وسجلات النسب Pedigrees.

٢ – دراسة التوائم وبخاصة التوائم المتطابقة (وراثياً) .

٣ – دراسة الوراثة الخلوية (السيتولوجية) والنسيجيّة .

وباختصار ، لقد دلّت معظم الدراسات والتجارب الوراثية على تأكيد وتعميم القوانين المندلية على معظم الكائنات الحية ، وأن الأسس الوراثية وآليّة التوريث هي واحدة تقريباً في جميع الكائنات الحية بما فيه الانسان .

يُعتبر جريجور مندل G. Mendel (١٨٢٢ – ١٨٨٤) واضع حجر الأساس لعلم الوراثة ، فإليه يرجع الفضل الأول في كشف طلاسم الوراثة ووضع قوانين عامة ومحددة لعلم الوراثة ، فبعد عدة تجارب أولية ، وقع اختياره على نبات البازيلاء (لماذا؟) حيث لاحظ اختلافاً كبيراً بينها ، فبعضها طويل وبعضها قصير ، منها ما له بذور ملساء ومنها ما له بذور مجعدة ، وألوانها ما بين أصفر وأخضر ... الخ . عندها قام بتهجين السلالات القصيرة ، وكرر ذلك بملاحظة صفات وراثية أخرى ، وأدت تجاربه الطويلة النهائية إلى وضع قانونين هامين هما :

القانون الأول : قانون انعزال الصفات : Law of Segregation

عندما هجنت نباتات طويلة بأخرى قصيرة كانت أبناؤها كلها طوالاً (الجيل الأول) ؛ وعندما لقحت تلك الأبناء الطويلة كان حوالي ثلاثة أرباع الجيل طويلاً ، والباقي (ربع) قصيراً (الجيل الثاني) . وقد أُطلق مندل على الطول صفة سائدة وعلى القصر صفة متنحية . وكل صفة وراثية في الكائن الحي تمثل بعاملين وراثيين ينفصلان أو ينعزلان عند تكوين الخلايا التناسلية (الجاميتات) ، وقد عمم هذا القانون حتى أصبح ينص كما يلي :

« إذا اختلف فردان في زوج من الصفات المتضادة (طويل : قصير) فإنّهما ينتجان بعد تلقيحهما جيلاً به صفة أحد الفردين فقط (الطول) وهي الصفة السائدة ، وعندما يتم التلقيح بين أفراد الجيل الأول تظهر الصفتان معاً في الجيل الثاني بنسبة ٣ صفة سائدة إلى ١ صفة متنحية » .

القانون الثاني : قانون التوزيع الحر:Law of Independent Assortment

يتعلق هذا القانون بدراسة صفتين وراثيتين متضادتين أو أكثر معاً ؛ ونتيجة

لتجارب مندل المتعددة توصل إلى أنّ كل زوج من الصفات الوراثية يورث مستقلاً عن غيره من الصفات الوراثية الأخرى ، بمعنى أنّه لا يوجد علاقة بين صفتي زوج ما وصفتي الزوج الآخر في توزيع كل منهما . هذا وقد عمم القانون وأصبح ينص كالتالي : «إذا اختلف فردان في أكثر من زوج من الصفات المتضادة ثم تزاوجا فإنّ كل زوج من هذه الصفات يورث مستقلاً عن غيره من الصفات الأخرى ، كما تورث كل صفتين متضادتين في الجيل الثاني بنسبة ٣ إلى ١ » .

وبعد تطور علم الوراثة ، أطلق العلماء لفظ **جينات** Genes على العوامل الوراثية المتحكمة بالصفات السائدة والصفات المتنحية (المتوارية أو المستترة) وأصبح عندها علم الوراثة يختص بدراسة الجينات ، وأصبحت الصفات الوراثية تعليمات كيميائية تنحدر من الآباء عن طريق الخلايا التناسلية (المبايض والخصى) في جزيئات الحامض النووي (DNA) المعروف عالمياً باسم DNA.

مصطلحات وراثية : Genetic Terminology

ترد في هذا الفصل تعابير أو مصطلحات لها معنى وراثي معين لابد من الإشارة إليها ، منها ما يلي :

الجينات : Genes

وحدات وراثية محمولة على الكروموسومات وتنتقل من جيل إلى جيل بواسطة الأمشاج التناسلية (البويضات والحيوانات المنوية) وتتحكم في نمو صفات الفرد المتكون.

التركيب الوراثي : Genotype (Genetic Mak-Up)

مجموع الجينات الوراثية (التركيب الجيني للكائن الحي) التي يمتلكها الكائن الحي والتي ورثها من أبويه خلال الأمشاج التناسلية ، والجينات الوراثية غير منظورة عادة أي لا يمكننا ملاحظة التركيب الوراثي للكائن الحي مباشرة .

التركيب الشكلي (الظاهري) : Phenotype

عبارة عن الشكل الظاهري (مظهر الفرد) للكائن الحي ، والذي غالباً ما يمكن ملاحظته كصفة الطول أو القصر أو لون الجلد ... الخ وتأتي تعبيراً ظاهرياً للتركيب

الوراثي .

متماثل الجينات (أصيل) : Homozygote

وهو الفرد الذي يحتوي في تركيبه الوراثي على عوامل وراثية (جينات) متماثلة،وبالرموزRR أو rr وهكذا ؛ وهذا ينطبق على صفة معينة أو أكثر من صفة .

متخالفة الجينات (خليط) : Heterozygote

وهو الفرد الذي يحتوي في تركيبه الوراثي على جينات وراثية مختلفة ، وبالرموز Rr أو Tt وهكذا ؛ وهذا ينطبق أيضاً على صفة معينة أو أكثر .

صفة سائدة : Dominant trait

صفة وراثية تظهر في الفرد حتى إذا كانت جينتها موجودة في **واحد فقط** من الكرموسومين المختصين ، لكن هذا الفرد ينتج خلايا جنسية (عند تكوين الجاميتات) يحمل نصفها الجينة السائدة بينما يحمل النصف الآخر الصفة المتنحية . ويرمز لعامل الصفة السائدة بالحرف الأول الكبير من اللفظ الدال على الصفة .

صفة متنحية (مستترة) : Recessive Trait

صفة وراثية لا تظهر في التركيب الشكلي في الفرد إلاّ إذا خلا الكروموسان المختصان كلاهما من الجينة السائدة المقابلة لجينها ، ولن ينتج هذا الفرد أبناء متماثلين في هذه الصفة إلا إذا تزاوج بفرد مثله أي لا يحمل الجينة السائدة . ويرمز لعامل الصفة المتنحية بالحرف الأول الصغير من اللفظ الدال على الصفة .

الأجسام المضادة : Antibodies

يشير إلى أنّه إذا دخلت أية مادة بروتينية أو حقن بها دم انسان ، فإنّ خلايا دم ذلك الانسان تفرز مادة تتفاعل مع البروتين المحقون تعرف بالأجسام المضادة .

الانتجين (مولد المضاد) : Antigen

هي المادة البروتينية الغريبة التي حقن بها دم الانسان والتي يتسبب عن وجودها إنتاج الأجسام المضادة .

التجمع (التلاصق) : Agglutination

يشير إلى الحالة التي يتجلط فيها الدم عندما يكون الانتجين على شكل خلايا أو دم غريب مما يسبب تفاعلاً بين الانتجين والجسم المضاد له المفرزة من الجسم وتشكل تجمعاً وتراصاً في الدم فتغلق الأوعية الدموية وتعطل الخلايا عن القيام بوظائفها وبالتالي تعرض الشخص المصاب لخطر الموت .

الكروموسومات : Chromosomes

الكروموسومات عربة الوراثة ؛ وهي عبارة عن خيوط رفيعة (تحتوي على مادة الوراثة D. N. A.) مسؤولة عن حمل الجينات الوراثية . ويملك كل نوع من الكائنات الحية في نواته عدداً ثابتاً من الكروموسومات في أزواج متماثلة أحدهما من الأب والآخر من الأم . وتختلف عادة (الكروموسومات) في : أ – الشكل ب – والحجم جـ – وموقع (أومركز) السنترومير (الشكل ١٥–١) . والجدول (١٥–١) يبيّن عدد الكروموسوماتالثنائي Diploid في بعض أنواع الكائنات الحية . ففي الإنسان ، على سبيل المثال ، يبلغ عدد الكروموسومات في خلاياه الجسدية (٢٣) زوجاً (٤٦ كروموسوماً)؛ والشمبانزي (٢٤) زوجاً (٤٨ كروموسوماً) وقصب السكر (٤٠) زوجاً (٨٠ كروموسوماً) ؛ وبازيلاء الزهور (٧) أزواج (١٤ كروموسوماً) ؛ وذبابة الفاكهة (٤) أزواج (٨ كروموسومات) .... الخ .

هذا ، ويحمل الكروموسوم وحدات تركيبية تسمى **الجينات** وهي أجزاء من شريطDNA مع الكروموسومات تحمل معلومات وراثية معينة ، ويقابل كل جين على الكروموسوم الآخر جين نظير له يُسمى **الأليل** Allele . وهكذا نجد كل صفة وراثية عادة تقع تحت سيطرة **زوج واحد من الجينات** بوجه عام . وإذا كان جينا الصفتين المتضادتين ليسا بنفس القوة ، تغلب صفة أحدهما على الآخر تُسمى عندئذ بالصفة السائدة والصفة الأخرى بالصفة المتنحية ؛ وإذا كان لهما نفس القوة يكون لها نفس السيادة (المشتركة) Co-dominant.

جدول (١٥-١)

عدد الكروموسومات (الثنائي) في بعض أنواع الكائنات الحية

النـــوع	عدد الكروموسومات	النـــوع	عدد الكروموسومات
الانسان	٤٦	بازيلاء الزهور	١٤
الشمبانزي	٤٨	الفجل	١٨
القرد الريسي	٤٢	الذرة	٢٠
الحصان	٦٤	الجزر	١٨
البغل (عقيم)	٦٣	البصل	١٦، ٣٢
الحمار	٦٢	الخس	١٨
الفأر	٤٠	الصنوبر الأصفر	٢٤
الكلب	٧٨	قصب السكر	٨٠
نحل العسل	٣٢، ١٦	الفاصوليا	٢٢
ذبابة المنزل	١٢	التبغ	٤٨
ذبابة الفاكهة	٨	عفن الخبز	١٤
البعوض	٦	الكلاميدوموناس	٣٢
الأسكارس	٢	بنيسيليوم	٢
البلاناريا	١٦	عباد الشمس	٣٤
الضفدع	٢٦	البرتقال	١٨، ٢٧، ٣٦
الفأر	٤٠	الجرذ	٤٢
القط	٣٢	الخفاش البني	٤٤
البقر	٦٠	الأميبا	٥٠
الغنم	٥٤	الحمام	٧٩، ٨٠
الخنزير	٣٨	الدجاج	٧٨، ٧٧

1 2 3 4 5 6

7 8 9 10 11 12

13 14 15 16 17 18

19 20 21 22 x ♀ x ♂ xy

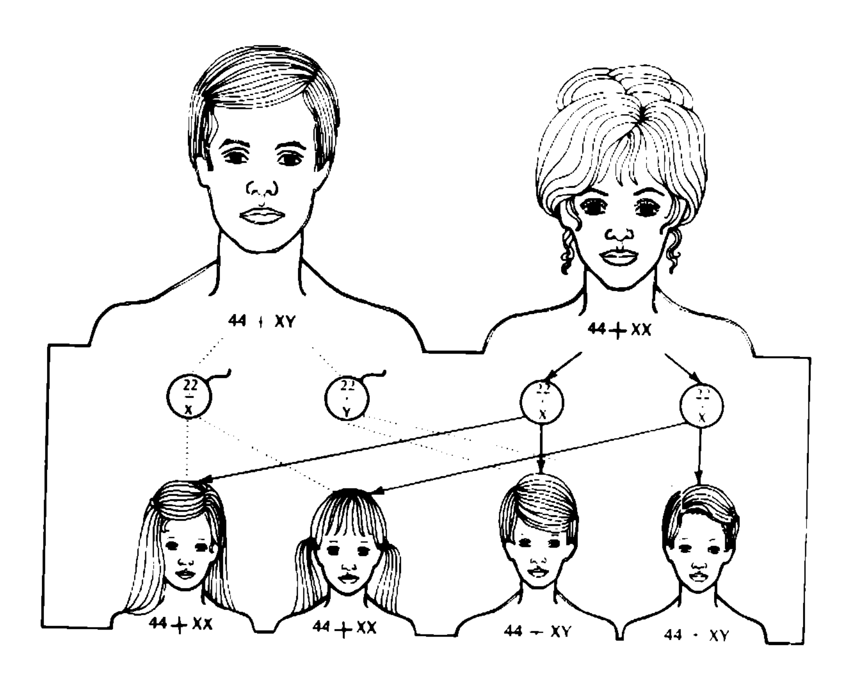
أنثى ذكر

الشكل (١٥-١) : كروموسومات الانسان (الذكر والأنثى)

بالاضافة إلى ما سبق ، للكروموسومات أهمية كبيرة في تحديد الجنس ، فالأنثى تملك ٢٣ زوجاً من الكروموسومات المتماثلة ، في حين يملك الرجل ٢٢ زوجاً متشابهاً من الكروموسومات ، بينما زوج الكروموسومات رقم ٢٣ ليست متشابهة (لاحظ الشكل ١٥-١) .

وعليه ، فالانسان الذكر به زوج مختلف من الكروموسومات الجنسية (يحدد جنس المولود) يُرمز له بالرمز XY ، أمّا في الأنثى فالكروموسومات متماثلة XX . وهكذا عند تكوين الجاميتات في الذكر فإنّ الخلايا المنوية تكون مجموعتين متساويتين تقريباً ، واحدة تحمل خلاياها كروموسوم (X) والأخرى تحمل خلاياها كروموسوم

(Y) . وفي الأنثى تحمل كل بويضة تامة النمو كروموسوم (X) دائماً ، فإذا اتحدت بويضة (X) دائماً بحيوان منوي يحمل كروموسوم (X) يكون المولود أنثى ، وإذا اتحدت البويضة بحيوان منوي يحمل كروموسوم (Y) يكون المولود ذكراً . وهكذا نجد أن كروموسومات الرجل وليس المرأة هي التي تحدد جنس المولود (لاحظ الشكل ١٥-٢).



الشكل (١٥-٢) : تحديد الجنس

وبناء على ما سبق ، فإنّه يلاحظ أنّ نصف البويضات المخصبة يكون إناثاً والنصف الآخر ذكوراً (أي بنسبة ١:١) . ولكن كما يبدو عملياً ، هناك اختلاف قليل في هذه النسبة ، إذ تشير بعض الدراسات الاحصائية إلى أنّ مقابل كل (١٠٥) ذكور تُولد ، يُولد حوالي (١٠٠) من الاناث . وقد يفسّر ذلك على أساس اختلاف الكروموسوم (Y) عن الكروموسوم (X) إذ يبلغ طوله حوالي ثلث الكروموسوم (X) مما يجعل المني الحامل للكروموسوم (Y) يسبح بسرعة أكبر من المني الحامل للكروموسوم (X) ،

وبالتالي الفوز باخصاب البويضات لانجاب الذكور . إلاّ أنّه نظراً لأنّ الكروموسوم (Y) يعيش مدة (ساعات) أقل من نظيره (X) ، ولأنّ معدّل الوفيات أعلى في حالة الذكور منه في حالة الاناث (سواء قبل الولادة أم بعدها) فإنّ هذا كلّه قد يجعل هذه النسبة بين الذكور والاناث متقاربة جداً عند الولادة . إلاّ أنّ الأدبيات الوراثية ترى أنّه نظراً لأنّ **الأنثى أقوى وراثياً** وبيولوجياً بوجه عام بالاضافة إلى عوامل بيئية أخرى ، فإنّ ذلك يجعل هذه النسبة (عملياً) تختل في المستقبل ؛ ففي السنة الأولى من الحياة ، تزيد وفيات الذكور على وفيات الإناث بحوالي ٢٣٪ ؛ وفي العمر (٥-٩ سنوات) يزيد معدّل الوفاة بين الذكور على الاناث بحوالي ٤٤٪ ؛ وفي عمر (١٥-١٩ سنة) يزيد معدّل الوفاة بين الذكور بنسبة ١٤٥٪ ... ؛ وهكذا يزداد معدّل التباين في معدلات الوفاة باطراد حتى سن الواحدة والعشرين حين يزيد معدّل الوفاة بين الذكور عنه بين الاناث بنسبة ١٣٠٪ ، ثم يقل تدريجياً حتى يتساوى معدّل الوفاة بين الذكور والاناث تقريباً في عمر (٣٠-٣٤ سنة) . إلاّ أنّه مع تقدم العمر (٦٠-٦٤ سنة) ، فإنّه يزيد عدد النساء على عدد الرجال بنسبة تقدر بحوالي ٢٣٪ ، وفي سن (٧٥ سنة فأكثر) ، قد يزيد عدد النساء على عدد الرجال بمقدار الضعف تقريباً .

بعض الصفات الوراثية في الانسان Some Inherited Human Characteristics

الصفات الوراثية في الكائن الحي بما فيه الانسان ، كثيرة جداً ومن الصعب حصرها ، إلا أنّه سنورد بعضاً منها ، وعليه يمكن تقسيمها كما يلي :

أولاً : وراثة الصفات الجسمية Inheritace of Physical Traits

١ - الطول : Tallness

لو نظرت إلى أطوال عائلتك أو أصدقائك أو أفراد صفك لشاهدت تدرّجاً في أطوال هؤلاء الأشخاص ، فمنهم الطويل ومنهم القصير ومنهم بين بين ... إنّك لا تجدهم طوالاً أو قصاراً ، وهذا يجعل صفة الطول في الانسان صفة وراثية تقع تحت تأثير **عدد من الجينات** Multiple alleles . ولو كان هناك زوج واحد من الجينات يتحكم في صفة الطول لوجدنا الناس إمّا طوالاً أو قصاراً ، كما أنّ صفة الطول لا تتوقف على طول القامة فقط بل هناك طول الذراعين والساقين بالاضافة إلى عوامل أخرى تؤثر على الطول كالغذاء وهرمونات الغدة النخامية (هرمون النمو) والغدة

الدرقية كما في نقص هرمون الثيروكسين .

بناء على ما تقدم ، فإنّه ينبغي أن ينظر إلى صفة الطول كصفة وراثية (وغيرها من الصفات الوراثية الأخرى) على أساس أنهاّ **محصلة لتفاعل ثلاثة عوامل هي** :

١ - **عامل وراثي** ، إذ تقع صفة الطول تحت تأثير عدد من الجينات الوراثية .

٢ - **عامل هرموني** ، كما في إفراز هرمون النمو من الغدة النخامية الذي إذا زاد افرازه على حدّ معيّن سبب زيادة مفرطة في الطول (العملقة) ؛ وإذا نقص افرازه سبب نقصاً في نمو العظم والعضل وبالتالي القصر المفرط أو القزامة . والشيء نفسه يمكن أن يقال من حيث المبدأ المتعلق بنقص افرازات الغدة الدرقية (هرمون الثيروكسين ومشتقاته) في مرحلة الطفولة التي تؤثر سلبياً في نمو الجسم وتسبب مرض القصر أو ما يعرف بالقماءة .

٣ - **عامل بيئي** ، ويتمثل في الغذاء والتغذية المتوازنة كماً ونوعاً ؛ وفي هذا الصدد ، لعلّ تحسّن هذا العامل وتفاعله مع العاملين السابقين عند اليابانيين زاد من طولهم بضع سنتيمترات علماً بأنّ هذا العامل قد يكون خلافياً نظراً لاعتبارات احتمال اختلاط الجينات الوراثية في الزيجات المختلفة بين اليابانيين وغيرهم من الأوربيين والأمريكيين .

٢ - لون الجلد : Skin Color

لون الجلد (كصفة الطول) هو محصلة تفاعل ثلاثة عوامل هي : وراثية (عدد من الجينات الوراثية) ، وهرمونية (الهرمونات المنبّهة للخلايا الملوّنة MSH) ، وبيئيّة (غذائية ، وضوء ، ودرجة حرارة) . وعليه ، فقد بينّت الدراسات الوراثية أنّ هناك أكثر من زوجين من الجينات الوراثية تورث لون جلد (بشرة) الانسان . ولون الجلد ، من الصبغات المميزّة للانسان ؛ ويتفاوت اللون حسب صبغة الميلانين Melanin في الجلد ؛ ولهذا نجد اختلافاً وتبايناً في لون بشرة الانسان ، فنجد لون البشرة يتباين ما بين اللون الأبيض والأسمر والأصفر والأسود ... الخ . فهي (صبغة الميلانين) كثيرة في الأشخاص ذوي البشرة السمراء والسود ، بينما تقل كثيراً في الأشخاص ذوي البشرة البيضاء وهكذا . والجينات التي تتحكم في لون الجلد موجودة بشكل أزواج تُعرف بالأليلات Alleles منها جين مسؤول عن وجود الصبغة المذكورة والجين المقابل (الأليل)

مسؤول عن تكوينها أيضا لكنهما يختلفان في تأثيرهما ، إذ ربما أحدهما مسؤول عن إنتاج انزيم خاص لانتاج صبغة الميلانين ، والأليل المقابل لا يساعد على ذلك الإنتاج ، وفي هذه الحالة يكون لون الجلد عادياً . ولكن إذا وجد الأليلان (المتنحيان) فإنّ ذلك يسبب عدم تكوين الأنزيم الخاص بانتاج الصبغة ، ولهذا يصاب الفرد بما يسمى **شدة البياض (المهقة)** Albinism ، ويصبح جلده وشعره أبيض وعيونه دموية اللون لخلو القرنية من الصبغة المذكورة . ويتصف هؤلاء الأفراد بضعف في البصر ويكونون ذوي حساسية زائدة للضوء الساطع وتتعرض جلودهم إلى لفحة الشمس بسهولة ، ونسبة الأفراد المصابين بهذه الصفة قليلة عادة إذ تصل ١ في كل ٢٠ ألف فرد ؛ وفي زواج الأقارب تصبح ٢٢٧٢/١ أي تتضاعف حوالي تسع مرات . وهكذا تورث هذه الصفة وتورث كجين متنح ولا بد أن يكون الشخص متماثل الجينات حتى يظهرها .

بالاضافة إلى ما سبق ، فإنّ صبغة الميلانين تتأثر تبعاً لافرازات بعض الغدد الصمّاء كما في **الغدة النخامية** التي تفرز الهرمون المنبّة للخلايا الملوّنة وبالتالي تعمل (أو تثبط) على صبغ الجلد بالكمية المناسبة وبالتالي اللون المناسب وفقاً لتعبيرات الجينات الوراثية التي يمتلكها الفرد . كما تتأثر صبغة الميلانين وتستجيب لعوامل التغذية والبيئة ، فالأشخاص الذين يقطنون في المناطق الحارة ، كغور الأردن مثلاً ، نجد بشراتهم سمراء أو تميل إلى السواد ، بينما نجد سكان المناطق الباردة كالمناطق الجبلية العالية ، تميل بشراتهم إلى البياض بوجه عام ؛ ولهذا فإنّ انتقال شخص ذي بشرة بيضاء إلى مناطق حارة غورية سرعان ما تستجيب خلاياه وأنسجة جسمه (أي مكونات النمط الظاهري) لعوامل البيئة فتلفحه الشمس وينتج كمية مناسبة من صبغة الميلانين وتزداد سمرة لون البشرة استجابة لظروف البيئة الجديدة وبالتالي حماية نفسه .

٣ - لون العيون : Eye Color

يُعتقد أن لون العيون يقع تحت تأثير عدد من الجينات الوراثية ؛ ولهذا نلاحظ لون العيون (كلون البشرة) يتدرج من اللون البني الداكن إلى اللون الأزرق الفاتح حسب كمية الصبغة وتركيزها . أمّا من حيث اللون ، فتوصف العيون إما عيون ملونة أو غير ملوّنة . وعليه ، ونظراً لأن الانسان يرث جينين اثنين فقط في آن واحد (أحدهما من الأب والآخر من الأم) بوجه عام ، لذا يقع لون العيون عندئذ تحت تأثير هذا الزوج من الجينات الوراثية المتبادلة ، أحدهما جين سائد (BB) يلوّن سطح القزحية فتبدو العيون

عسلية أو سوداء ، وهي صفة وراثية سائدة ، والثاني جين مقابل متنح (bb) لا يحدث هذا التلون فتبدو العيون زرقاء ، وهي صفة وراثية متنحية . وهكذا فإنّ الآباء ذوي العيون الزرقاء ينتجون أبناء ذوي عيون زرقاء . في حين لو كان الأبوان خليطين في تركيبهما الوراثي فإنّ الصفتين (العيون العسلية والزرقاء) تظهران بين الأبناء . وعليه ، إذا تزوج رجل ذو عينين عسليتين (ملونة) من إمرأة ذات عينين زرقاوين (غير ملونة لأنها نوع من الخداع البصري)، فما هي احتمالات التراكيب الوراثية والشكلية لجميع أفراد العائلة – الآباء والأبناء ؟

٤ – الصلع : Baldness

الصلع صفة وراثية من **الصفات المتأثرة بالجنس** Sex - influenced Trait وليس مرتبطاً بالجنس . وهي صفة تتحكم فيها جينات وراثية تحملها الكروموسومات الجسمية (الأوتوسومات) ومن ثم تورثها للجنسين (الذكر والأنثى) بالتساوي ؛ وكذلك تنقل بواسطتهما بالتساوي . إلاّ أنّ الجنس (وبشكل خاص الهرمونات الجنسية) تتحكم في مدى ظهور هذه الصفة من خلال تفاعلها مع الجينات الوراثية . ومع أنّ صفة الصلع تظهر في كلا الجنسين (الذكر والأنثى) ، إلاّ أنّها تظهر في الذكور أكثر منها في الإناث. وهو (الصلع) يتراوح ما بين صلع خفيف إلى صلع متوسط أو صلع قد يشمل الرأس كله .

ومن الناحية الوراثية ، يمكن للرجل إظهار الصفة حتى لو حمل جيناً واحداً – متخالف الجينات (Bb) ؛ ولكنّ المرأة لا بد وأن تحمل جينين (bb) لاظهار الصفة ؛ ولذا يمكن للمرأة أن تخفي صفة الصلع – وفي ذلك حكمة – وتكون عندئذ حاملة أو ناقلة للصلع . وعليه ، إذا تزوج رجل أصلع بامرأة تحمل صفة الصلع ، فما هو التركيب الوراثي والشكلي للأبناء الممكن انجابهم ؟

هذ ، وعلى الرغم أنّ الصلع وراثي لكن التأثير المباشر يرجع إلى **هرمون التستستيرون** Testosterone عند الذكور ؛ ولهذا وجد أنّ إزالة الخصيتين يتسبب في عدم ظهور صفة الصلع . والأشخاص الذين ورثوا الصفة يبدأ شعرهم بالتساقط عندما يبدأ هرمون التستستيرون بالافراز ، والتناقض لذلك أنّ شعر الوجه يبدأ بالتكون . ولقد دلت الدراسات العلمية أنّ الصبيان ذوي الشعر الخفيف تستجيب لافراز الهرمون الذكري وذلك بزيادة نمو الشعر وكثافته ؛ بينما وجد أنّ الشعر الكامل النمو ، كشعر

فروة الرأس ، يبدأ بحرق نفسه مما يسبب سقوطه واصابة الشخص بالصلع . أما في النساء فالصلع أقل ظهوراً ، إذ لا بد للمرأة أن تكون متماثلة الجينات للصفة المتنحية حتى تصاب بالصلع ، ومع ذلك تبدأ المرأة بفقدان الشعر بعد وصول **سن اليأس** Men-opause إذ إنّ النقصان في إفراز الهرمونات الأنثوية (الاستروجينات) في هذا العمر ، يشجع فقدان الشعر تدريجياً ، وقد تضطر المرأة (أو الرجل) لاستخدام الشعر المستعار (الباروكه)Wigs .

أما بالنسبة للشعر نفسه فيختلف من فرد لآخر ، فهناك الشعر الناعم المستقيم Straight Hair والشعر المجعد Curly Hair ؛ كما يختلف الأفراد في ألوان شعرهم أيضا ؛ وبوجه عام فإنّ لون الشعر يعتمد على كمية الصبغة الملونة له (صبغة الميلانين) والتي تقع تحت تأثير جينات وراثية خاصة به ؛ ويعتقد أنّ لون الشعر يقع تحت تأثير عدد من الجينات الوراثية كما في شعر الحيوانات الثديية الأخرى ، ولهذا نجد الشعر الأسود والأبيض والبني والأحمر ... الخ . هذا ، وقد يتحول (الشعر) إلى اللون الأبيض عندما تتوقف خلايا جذور الشعر عن إنتاج الصبغة الملونة أو نتيجة لظروف بيئية أخرى . والاعتقاد بأنّ الشعر يتحول من اللون الأسود إلى اللون الأبيض بين عشية وضحاها نتيجة الخوف أو الاضصراب النفسي العصبي ربما يكون غير صحيح ولو أنّ بعض المصادر العلميّة وبعض القصص المتداولة بين الناس سجلت حالة أو أكثر من هذا النوع. ومهما يكن الأمر ، فإنّ الباحث العلمي يغير رأيه عندما تكتشف تلك المادة الكيميائية التي تعمل على تبييض الشعر في ليلة واحدة ؛ هذا وقد توجد أحياناً خصلة بيضاء من الشعر في مقدمة الرأس محاطة بشعر طبيعي اللون ، وحتى تظهر هذه الصفة الوراثية في الأبناء لا بد وأن يكون أحد الوالدين حاملاً لها .

وهناك صفات أخرى تسمى صفات **مقيّدة بالجنس** ، أي صفات تظهر في أحد الجنسين وليس في الجنس الآخر . ويتحكم في الصفات المقيّدة بالجنس جينات محمولة على الكروموسومات الجسمية أو الكروموسومات الجنسية . ويتوقف ظهور الصفات المقيّدة بالجنس على وجود أو غياب (واحد أو أكثر) من الهرمونات الجنسية ، أو بمعنى آخر على (كمية) هذه الهرمونات وتركيزها في الفرد . ومن أمثلة الصفات المقيّدة بالجنس (تقيداً كاملاً) هو : انتاج الحليب (اللبن) وافرازه ، والطمث في الإناث وليس في الذكور ؛ وكذلك ظهور شعيرات خشنة على الأذن الخارجية عند الرجال (البيض)

في أثناء تقدم السن (أو خريف العمر) وعدم ظهورها عند الاناث . ومن الأمثلة الأخرى على الصفات المقيّدة بالجنس (تقيداً غير كامل) وجود لحية وشارب ظاهرين في الذكر وعدم وجودهما (من حيث المبدأ) في الأنثى . هذا ، وقد تبيّن أنّ عدد الشعر الموجود في وجه المرأة يساوي تقريباً عدد الشعر الموجود في وجه الرجل بوجه عام ؛ إلاّ أنّ الشعر عند الأنثى لا ينمو في النساء بالدرجة نفسها التي يظهر وينمو بها عند الرجال . ومع ذلك ، فإنّه يمكن أن ينمو لحى وشوارب للنساء بدرجة معينة من خلال التنبيه الهرموني بتركيزات مناسبة .

٥ – طول الاصبع الثاني (الشاهد) : Lenght of the Second (index) Finger

صفة وراثية (كالصلع) من الصفات المتأثرة بالجنس وليست مرتبطة به ، فهي تتأثر بالافرازات الهرمونية الجنسية وتظهر في كلا الجنسين الذكر والانثى ؛ فالاصبع الثاني (الشاهد) أن يكون طوله مساوياً أو أطول قليلاً من الاصبع الرابع (اصبع الخاتم) هي صفة سائدة في الإناث ومتنحية في الذكور غالباً ، أو أنّ قصر الشاهد بالنسبة للاصبع الرابع يورث كصفة سائدة في الرجال ومتنحية عند النساء . حاول أن تفحص أصابع يديك أو عائلتك أو زملائك وسجل ملاحظاتك . وإذا فعلت ذلك فستجد في معظم الذكور أنّ الاصبع الشاهد يكون أقصر من الاصبع الرابع ؛ بينما تجد في الإناث أنّ اصبع الشاهد يكون (غالباً) مساوياً (بالطول) أو أطول قليلاً من الاصبع الرابع . وقد تجد هذه الصفة متداخلة بين الجنسين من حين لآخر . وعليه ، إذا تزوج رجل يتصف بطول الشاهد من إمراة تتصف بقصر الشاهد ، فما هي احتمالات التراكيب الوراثية والشكلية للأبناء والبنات الممكن انجابهم ؟

٦ – ثني اللسان : Tongue Rolling

وهي مقدرة الفرد على ثني اللسان طولياً على شكل U . حاول أن تثني لسانك؟ لقد وجد أنّ حوالي ٧٠٪ من الناس عندهم المقدرة على ثني ألسنتهم ، والباقي ٣٠٪ لا يستطيعون عمل ذلك . إنّ صفة ثني اللسان تقع تحت سيطرة جين سائد (R) بينما عدم المقدرة على ثني اللسان تقع تحت تأثير جين متنح وبصورة متماثلة الجينات (rr) . وعليه ، إذا تزوج رجل يتصف بصفة ثني اللسان (مختلف الجينات) من

امرأة لا تستطيع ذلك ، فما هو التركيب الوراثي والشكلي لجميع الأبناء الممكن انجابهم؟

٧ – قمة الأرملة : Widow's Peak

صفة وراثية يكون فيها شعر الرأس منحدراً أو نازلاً إلى أسفل الجبهة لدرجة أنّه يشكل حافة أو قمة في مركز جبهة الرأس . وتقع هذه الصفة تحت تأثير جين سائد W على الجين المقابل المتنحي w لقمة الأرملة . حاول أن تحدد التركيب الشكلي والوراثي لك ولأفراد عائلتك بالنسبة لهذه الصفة .

٨ – إنحناء اصبع الابهام : Hitchhiker's Thumb (Bent Thumb)

يشير إلى قدرة الشخص على إنحناء المفصل البعيد للاصبع الأول (الأبهام) إلى الخلف بقدر الاستطاعة لدرجة أنّ بعض الأشخاص لهم القدرة على عمل ذلك حتى زاوية ٤٥ درجة ؛ وبالرغم من وجود اختلافات وراثية حول هذه الصفة إلا أنّ معظم التقارير تشير إلى أنّ هذه الصفة تقع تحت تأثير جين سائد H . كما أنّ هناك اختلافاً في تعبير الجينات الوراثية بحيث أنه يمكنك ثني ابهام اليد اليمنى ولا تستطيع ذلك لابهام اليد اليسرى أو العكس . هل تستطيع أن تحني ابهام يديك ؟

٩ – شحمة الأذن : Ear Lobe

شحمة الأذن في الانسان إمّا أن تكون حرّة Free أو ملتصقة Attached . وصفة أن تكون شحمة الأذن حرة تقع تحت تأثير جين سائد (E) على الجين المقابل المتنحي لشحمة الأذن الملتصقة (e) ؛ حاول أن تفحص شحمة الأذن لك ولأفراد أسرتك أو بعض أصدقائك .

١٠ – تشابك أصابع اليدين : Interlocking fingers

حاول أن تشبك أصابع يديك بعضها ببعض . هل الإبهام الأيسر فوق الأيمن أو العكس ؟ عند شبك أصابع اليدين نجد عند معظم الناس أنّهم يضعون الإبهام الأيسر فوق الإبهام الأيمن ؛ ولهذا فإنّ الدراسات الوراثية لمعظم العائلات تشير إلى أنّ وضع الإبهام الأيسر فوق الأيمن هي صفة وراثية تقع تحت تأثير جين وراثي سائد (F) على

الجين المقابل المتنحي (f) .

١١ - إنحناء الاصبع الصغير (الخنصر) : Bent Little Finger

ضع يديك منبسطة أمامك على الطاولة أو الكرسي ثم ارْخ عضلات اليدين . هل تشاهد إنحناء المفصل الأخير للاصبع الصغير للداخل باتجاه الأصبع الرابع؟ أم هل الاصبع (الخنصر) مستقيم ؟ تدل التقارير الوراثية أنّ هناك جيناً وراثياً سائداً (B) يسبب انحناء المفصل الأخير للاصبع الصغير للداخل باتجاه الاصبع الرابع ؛ حاول أن تدرس هذه الصفة في بعض أفراد عائلتك أو أصدقائك .

١٢ - شعر السلاميات الوسطى لأصابع اليد : Mid-digital Hair

هل تلاحظ وجود شعر على السلاميات الوسطى لأصابع يديك ؟ يوجد شعر على السلاميات الثانية (الوسطى) لأصابع اليد عند كثير من الناس . وهذه صفة وراثية تقع تحت سيطرة جين وراثي سائد (M) على الجين المقابل المتنحي (m) لغياب الشعر كلية . وتشير معظم الدراسات إلى أنّ هذه الصفة تقع تحت تأثير عدد من الجينات الوراثية ، ولهذا نجد أنّ بعض سلاميات الأصابع عليها شعر بينما تخلو الباقية منه ، فقد يوجد الشعر على سلامية اصبع واحد (M1) أو سلاميتين (M2) أو ثلاث سلاميات (M3) وهكذا . وقد تظطر أحياناً لاستخدام عدسة أو مكبر للتأكد من وجود الشعر أو عدمه على سلاميات أصابع اليد .

١٣ - تذوق مادة Phenylthiocarbamide tasting: P.T.C.

وتعني قدرة الفرد على تذوق مادة كيميائية .P.T.C ذات الطعم المر جداً ؛ وهذه المادة غير ضارة لذا يمكن تذوقها دون أي خوف . هذا وقد وجد أنّ معظم الناس لهم القدرة على تذوق هذه المادة بينما وجد أفراد آخرون لا يمكنهم تذوق مرارة هذه المادة . تقع هذه الصفة تحت تأثير جين سائد (T) ، بينما وجود الجين المتنحي (t) بشكل متماثل أو أصيل (tt) في شخص ما يؤدي إلى عدم تذوقه لهذه المادة .

والجدير بالذكر أنّ تذوق المادة يختلف باختلاف الشعوب ؛ فقد دلت الدراسات الوراثية إلى أنّ حوالي ٧٠٪ من الشعب الأمريكي و٩٠٪ من الشعوب

الأفارقة ، و٦٥٪ من الشعب العربي لهم القدرة على تذوق الطعم المر لهذه المادة . وعليه ، إذا تزوج شخص يتذوق هذه المادة مختلف الجينات من امرأة لا تتذوق المادة ، فما هو احتمال التركيب الوراثي والشكلي للأبناء الممكن انجابهم ؟

ثانياً : وراثة الصفات المرتبطة بالجنس Inheritance of Sex-Linked traits:

ذكرنا سابقاً أنّ خلايا الإنسان تحتوي على نوعين من الكروموسومات وهي :

١ – الكروموسومات **المتماثلة أو الجسمية** Autosomes وعددها في الأنثى (٢٢ زوجاً + ××) ٢٣ زوجاً ؛ وكل كروموسوم يظهر وكأنه مكرر مرتين أحدهما من الأب والثاني من الأم . وقد يطلق عليها الكروموسومات السينية ×× (لاحظ الشكل ١٥-١) .

٢ – الكروموسومات **الجنسية** Sex - Chromosomes يوجد أيضا في الذكر (٢٢ زوجاً + XY) ٢٣ زوجاً ، والزوج الثالث والعشرون مختلف في الحجم والشكل (لاحظ الشكل ١٥-١) ويطلق عليه الكروموسومات الجنسية (XY). ويكون كروموسوم (X) أكبر ثلاث مرات تقريباً من كروموسوم (Y) . وهكذا يكون للأنثى كروموسومان كاملان من كروموسومات × ؛ أمّا الذكر فلديه كروموسوم واحد فقط من هذه الكروموسومات . هذا ، وقد يترتب على **اختلاف زوج الكروموسومات الجنسية** عدة نتائج من بينها ما يلي :

١ – كل كروموسوم (X) يحتوي على مجموعة كاملة من الجينات ، في حين كل كروموسوم (Y) ليس كذلك على الأرجح .

٢ – عدد الجينات المحمولة على الكروموسومات (X) يفوق نظيراتها الجينات المحمولة على الكروموسوم (Y) . وعليه ، فإنّ **عدد الجينات** التي تملكها الأنثى يزيد على نظيرتها (الجينات) عند الذكر . ولهذا ، تُوصف الأنثى بأنها أوفر حظاً وأقوى وراثياً وبيولوجياً من الذكر . وهذا التفوق (الوراثي) البيولوجي للأنثى يؤدي إلى نتائج إيجابية من بينها ما يلي :

أ – يمكّن الأنثى من مقاومة عوامل البيئة المختلفة بدرجة أكبر وأشدّ فعالية من

الذكر .

ب – يحسّن من فرص الحياة أمام الأنثى مقارنة بنظيرتها عند الرجل ؛ وفي هذا الصدد ، تشير الدراسات الاحصائية إلى أنّ متوسط عمر الأنثى يفوق نظيره عند الرجل . كما أنّ عدد الذكور في أية مجموعة سكانية أقل دائماً من عدد الإناث بوجه عام .

٣ – وجود جينات وراثية على الكروموسوم (X) لا يوجد لها نظير (أليل) على الكروموسوم (Y). وهذا يعني (وراثياً) أنّه ينبغي توافر جينين متنحيين لاظهار الصفة (المرتبطة بالجنس) عند الأنثى ؛ في حين توافر جين متنح **واحد فقط** كافٍ لاظهار الصفة عند الذكور . وعليه ، فإنّ الذكور معرضون للاصابة بالأمراض المرتبطة بالجنس بنسبة أعلى بكثير من نظيرتها عند الاناث .

بناء على ما سبق ، لوحظ أنّ هناك بعض الصفات الوراثية تظهر بكثرة في الذكور دون الاناث وأنّ مثل هذه الذكور ترث صفاتها عن طريق أمهاتها وليس عن طريق آبائها . ولقد تمكن العلماء من تفسير هذه الظاهرة بعد اكتشاف نظرية الكروموسومات حيث بينت دراسات الخلية أنّ **الاختلافات في الكروموسومات** بين الجنسين تقع في **الكروموسومات الجنسية** منها فقط دون الجسمية . وعليه ، فهناك جينات وراثية توجد على الكروموسوم السيني (X) ولا توجد أليلات لها على الكروموسوم (Y) الصادي (لاحظ أنّ حجمه حوالي ثلث حجم الكروموسوم السيني). ويطلق على مثل هذه الجينات بأنّها مرتبطة بالجنس . ولهذا فإنّ الرجل يعتمد كلياً على الجينات التي يرثها من والدته بالنسبة للصفات المذكورة ، أي أنّه يرث جيناً واحداً لمعظم الصفات المرتبطة بالجنس والموجودة بالطبع على الكروموسوم السيني ولهذا يُوصف الرجل بأنّه أقل حظاً من المرأة بالنسبة لتعرضه للاصابة ببعض الأمراض الوراثية المرتبطة بالجنس . **ومن هذه الأمراض نذكر ما يلي :**

١ – العمى اللوني : Color Blindness

وهو عدم القدرة على التمييز بين الألوان خاصة بين اللونين الأحمر والأخضر . والمقدرة على التمييز بين هذه الألوان تعتمد على بناء صبغة خاصة في العين وفي خلايا

خاصة من شبكية العين ؛ وقد بينت الدراسات الوراثية أنّ هذا المرض عبارة عن صفة متنحية مرتبطة بالجنس تظهر في الذكور أكثر منه في الاناث ؛ ولهذا فإنّ الجين المسبب لهذا المرض محمول على الكروموسوم السيني × .

أما الجين الذي يوجه تركيب الصبغة فهو جين سائد (C) يقع على الكروموسوم السيني ، والجين المتنحي (c) ليس قادراً على إنتاج الصبغة المذكورة . وعليه ، فالمرأة المتخالفة الجينات (Cc) تحمل الجين السائد على أحد كروموسوماتها السينية وتحمل الجين المتنحي على الكروموسوم السيني الآخر ، لكنها رغم ذلك عادية (بالنسبة لرؤية الألوان) غير مصابة بالمرض إلاّ أنها حاملة أو ناقلة له ؛ وحتى تكون مصابة بالمرض لا بد أن تحمل الجينين المتنحيين(cc) على الكروموسومات السينية (××). ونظراً لقلة احتمال وجود هذين الجينين المتنحيين المسؤولين عن هذا المرض لذا نجد النساء قلما يصبن به إذا ما قورن ذلك في الرجل الذي يكفي وجود جين متنح واحد (cy) لاظهار المرض . وعليه ، إذا تزوج رجل مصاب بالعمى اللوني بامرأة ناقلة للمرض ، فما احتمال أن يكون الطفل الأول عادياً ؟ أن يكون مصاباً بالمرض ؟ وما احتمالية أن تكون الطفلة الأولى مصابة بالمرض ؟ ناقلة للمرض ؟

بالرغم أنّ نسبة حدوث هذا المرض تختلف من شعب لآخر ، إلاّ أنّه وجد أنّ حوالي ٨٪ من أفراد الشعب الأمريكي الأبيض وحوالي ٤٪ من السود يصابون بهذا المرض ، ولعل نسبتها في الشعب العربي قريبة من ذلك . ومما يجدر ذكره بأنّ هذا المرض هام من الناحية الاجتماعية ، إذ تعزى إليه نسبة عالية من حوادث السيارات خاصة عند ملتقى الاشارات الضوئية ، ولهذا آن الأوان لدوائر السير أن تأخذ ذلك بعين الاعتبار وذلك عن طريق التأكد من سلامة الأشخاص المتقدمين لنيل رخص قيادة السيارات من خلوهم من الاصابة بهذا المرض .

٢ – نزف الدم : Hemophilia

وهو عدم قدرة الدم على التجلط ؛ وهنا تكمن خطورة هذا المرض إذ إنّ المصابين به قد يتعرضون لخطر الموت إذا أصيبوا بجرح حتى ولو كان بسيطاً ، وإذا تعرضوا لجرح خطير فإنّ ذلك قد يسبب الموت إذ غالباً ما يفشل الدم في التخثر .

يسلك هذا المرض في وراثته سلوك العوامل الوراثية المتنحية والمرتبطة بالجنس . ويتسبب مرض نزف الدم ، كالعمى اللوني ، عن جين وراثي متنح (h) محمول على الكروموسوم السيني وأليله (H) الذي يحمل على الكروموسوم السيني الآخر وهو غير موجود على الكروموسوم الصادي (Y) . وعليه ، فالرجال يظهرون المرض أكثر من النساء وذلك لأنّ وجود جين متنح واحد على الكروموسوم (X) للرجل كاف لاظهار المرض؛ في حين لابد من وجود جينين متنحيين (hh) للمرأة لاظهار المرض . أما وجود جين متنح واحد على أحد كروموسومات المرأة فيعني أنّها ناقلة أو حاملة للمرض دون أن تظهره . وعليه ، ما هو التركيب الوراثي والشكلي للأطفال الممكن انجابهم من زواج رجل مصاب بالمرض من امرأة ناقلة له ؟ وإذا تزوج رجل مصاب بالمرض من امرأة عادية (أمها عادية ووالدها مصاب بالمرض) فما هو التركيب الوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم ؟ .

مرض السكري : Diabetes

وهو مرض وراثي بالرغم من اختلاف صفاته بين حالة وأخرى ؛ يختلف عن مرض العمى اللوني ونزف الدم بأنّه **غير مرتبط بالجنس** على الرغم أن التقارير العلمية تشير إلى أنّ الرجال ، خاصة المتقدمين في السن ، أكثر عرضة للاصابة بهذا المرض من النساء . وبوجه عام ، هو مرض فسيولوجي أيضاً ينتج عن نقص هرمون الانسولين Insulin، الذي ينتجه البنكرياس والمسؤول عن تنظيم نسبة السكر في الدم (راجع الفصل التاسع). ولهذا يُوصف بأنّه **مرض وراثي – فسيولوجي** .

يعتقد البعض أنّ المرض يتسبب عن جين متنح يورث كصفة متنحية ؛ كما يعتقد آخرون أنّه ربما يقع تحت تأثير عدد من الجينات الوراثية . ومهما يكن الأمر ، فإنّ نتيجة هذا المرض هو زيادة نسبة السكر في الدم ؛ ولهذا يظهر السكر في بول المريض كأحد أعراض هذا المرض . ويمكن تعديل حدة هذا المرض وذلك عن طريق حقن المريض بهرمون الأنسولين في دم المريض على فترات زمنية معينة ، وعن طريق تجنب المريض للغذاء النشوي والحلويات بقدر الإمكان .

ثالثاً : الأمراض الوراثية Genetic Diseases

هناك عدد كبير من الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان والتي تنتج بشكل أساسي عن **خلل أو عطب أو طفرة مفاجئة** في البنية الوراثية (DNA) للانسان . ومن الأسباب التي تؤدي إلى هذا الخلل الوراثي ما يلي :

١ – عطب الجينات الوراثية وتلفها لسبب أو آخر .

٢ – الاشعاعات الذرية سواء المقصودة منها أم غير المقصودة .

٣ – عدم انفصال الكروموسومات الجنسيّة أو الجسمية انفصالاً طبيعياً أثناء انقسام الخلية وتكوين الجاميتات المذكرة أو المؤنثة .

٤ – الطفرات التي تحدث بصورة مفاجئة في التركيب الوراثي .

٥ – عوامل أخرى كما في : أ – استخدام العقاقير الطبيّة بطريقة خاطئة ، ب – التعرض للأشعة السينيّة ، جـ – تناول المواد الغذائية المعلبّة أو المحفوظة بمواد كيميائية معينة ، د – الظروف البيئية داخل الرحم أثناء التطور الجيني .

هذا ، ويترتب على **خلل الجينات** وعطبها **نتائج غير مرغوبة للانسان** من بينها ما يلي :

١ – الأمراض الوراثية .

٢ – التشوهات والعيوب الخلقية .

٣ – التخلف العقلي .

٤ – العقم .

٥ – الموت .

٦ – اختلال الصفات الجنسية الثانوية الأنثوية والذكرية وتضاربها بين الذكور والأناث .

٧ – اختلال في نمو الجسم واضطراب السلوك الانساني بشكل غير سوي قد يصل في بعض الحالات إلى السلوك الاجرامي .

ومن الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان ما يلي :

١ – فينل كيتونوريا (.P.K.U) Phenylketonuria

وينتج عن عدم قدرة الجسم على إنتاج انزيم Phenyalanine Hydorxylase

اللازم لتحويل الحامض الأميني – فينل الانين Phenylalnine إلى حامض Ty-rosine نتيجة عطب أو خلل في أحد الجينات الوراثية المسؤول عن إنتاج الانزيم المذكور. ولهذا فإنّ الحامض (فينل الأنين) سيتراكم في الدم وقد يتحول قسم منه إلى حامض Phenylpyruvic acid الذي يتخلص الانسان من جزء منه عن طريق الكليتين، ولهذا يظهر مع البول غالباً . إنّ وجود الحامض الأميني أو مشتقاته بنسبة عالية في الدم له أثر سلبي على الخلايا العصبية خاصة الدماغ . فهو يسبب جرحها وتلفها وبالتالي يُصاب الشخص المريض بالتخلف العقلي وقد يؤخر من تطور نمو الرجلين مما يسبب التأخر أو عدم القدرة على المشي . هذا وقد وجد أنّ حوالي ١٪ من الأشخاص المتأخرين عقلياً هو نتيجة للاصابة بهذا المرض .P. K. U نتيجة لزيادة كبيرة في الحامض التي قد تصل ٨٠ملغم / ١٠٠ مللتر دم ؛ في حين نسبته الطبيعية حوالي ٤ ملغم / ١٠٠ مللتر دم . ويمكن استقصاء المرض إما خلال الحمل (Amniocentesis) أو بعد الولادة مباشرة عن طريق فحص الدم أو البول . هذا ويمكن تعديل أثره لحد ما عن طريق تحديد كمية الحامض الموجودة في غذاء المريض . والجدير بالذكر ، أنّ هذا المرض يحتمل حدوثه مرة واحدة في كل عشرة آلاف ، إلاّ أنه يتضاعف احتمال حدوثه ست مرات في حالة زواج الأقارب .

٢ – مرض تي – ساكس : Tay - Sach's disease

السبب المباشر لهذا المرض هو عدم وجود أحد الانزيمات الضرورية لتمثيل المواد الدهنية خاصة المركب الكيماوي GM2 ganglioside الذي يشكل جزءاً مهماً للغشاء الخلوي خاصة الخلايا العصبية . وفي الأحوال الطبيعية يتم تصنيع كمية كبيرة من هذا المركب تزيد على حاجة الجسم ، لا تلبث هذه الزيادة أن تحول أو تحطم بفعل الانزيم المذكور . ولهذا فإنّ عدم وجود الأنزيم سواء لعطب أو خلل ما في أحد الجينات يعني تراكم المواد الدهنية في الخلايا العصبية بكميات كبيرة نسبياً تؤثر وتتلف خلايا

الدماغ مما تسبب موت الطفل في عمر مبكر لا يتجاوز خمس سنوات . ومن أعراض هذا المرض التخلف العقلي واتساع حجم الرأس مع ضمور أو تأخر في نمو عضلات الجسم . هذا وينتشر هذا المرض بشكل خاص بين اليهود ونادراً ما يوجد في الشعوب الأخرى ، فقد ذكر أنّ حوالي ٣٪ من يهود مدينة نيويورك حاملون لأليل الجين الوراثي المسؤول عن انتاج الأنزيم أو عدمه.

٣ - أنيميا الكرات المنجلية (الشكل المنجلي لكريات الدم الحمراء) :

Sickle - Cell anemia

يظهر هذا المرض نتيجة اختلال في هيموجلوبين (بروتين خلايا الدم الحمراء) الدم وانتاج هيموجلوبين غير عادي ؛ فالهيموجلوبين الناتج يختلف عن الهيموجلوبين الطبيعي بأن يحل الحامض الأميني فالين Valine محل حامض الجلوتامين Glutamic acid في سلسلة بروتين طويلة مكونة من الأحماض الأمينية ؛ ولهذا فإنّ الأشخاص المصابين بهذا المرض تصبح عندهم بعض كرات الدم الحمراء هلالية أو منجلية الشكل بدلاً من الشكل القرصي مما يقلل قدرتها على حمل الأكسجين ؛ وقد تعمل على إغلاق الشعيرات الدموية فيقلل ذلك نسبة الأكسجين الواصلة لخلايا وأنسجة الجسم .

وإذا كان الشخص المصاب مختلف الجينات (Ss) أي يملك جيناً لهيموجلوبين طبيعي وآخر لهيموجلوبين غير طبيعي ، فإنّه يتعرض إلى أنيميا معتدلة ، إلا أنه لوحظ أنّ المصابين مقاومون لمرض الملاريا وربما هذا يفسر كون نسبة كبيرة من السكان الأفارقة ، حوالي ٢٪ ، يحملون هذه الصفة . أما إذا كان الشخص متماثل الجينات فإنّه يتعرض إلى أنيميا حادة وبالتالي خطر الموت .

٤ - حالات عدم انفصال الكروموسومات الجنسية :

Non - disjunction of the Sex - Chromosomes

إنّ عدم انفصال الكروموسومات الجنسية (xx , xy) عن بعضها أثناء الانقسام الاختزالي لتكوين الخلايا التناسلية يسبب زيادة أو نقصاناً في عدد الكروموسومات الأصلية للفرد ؛ فقد يصل عددها ٤٧ كروموسوماً أو ينقص ليصبح ٤٥ كروموسوماً .

هذا الاختلال في عدد الكروموسومات ، يؤثر على التكوين العام للشخص ويتسبب في أمراض وراثية ينتج عنها شذوذ في الجنس والتخلف العقلي وبالتالي يؤثر على السلوك العام للفرد .

والاحتمالات التي قد تحدث نتيجة **عدم انفصال الكروموسومات** كثيرة ويمكن وضعها في حالتين هما :

١ – عدم انفصال الكروموسومات الجنسية (xy) أثناء تكوين الحيوانات المنوية ، ونوع الأبناء (الأطفال) الممكن انجابهم من اتحاد حيوانات منوية غير عاديةAbnormal Sperms مع بويضة عادية Normal egg .

٢ – عدم انفصال الكروموسومات الجنسية الأنثوية (xx) أثناء تكوين البويضات، ونوع الأبناء الممكن انجابهم من اتحاد بويضات غير عادية مع حيوانات منوية عادية .

ومن **الأمراض الوراثية** التي تنتج عن **عدم انفصال الكروموسومات** الجنسية أو الجسمية نذكر ما يلي :

أ – مرض داون (البلاهة المنغولية) أو متلازمة داون :

Down's Syndrome (Mongolism)

ينتج هذا المرض من زيادة كروموسوم واحد في الزوج الحادي والعشرين الذي يصبح ممثلاً بواسطة ثلاثة كروموسومات بدلاً من كروموسومين في الحالة الطبيعية ؛ وهكذا يصبح عدد الكروموسومات الأصلية ٤٧ كروموسوماً .

والزيادة هذه ، ناتجة عن عدم انفصال زوج **الكروموسومات الجسمية** رقم ٢١ انفصالاً طبيعياً أثناء الانقسام الاختزالي ؛ ويتصف الفرد المصاب بالتخلف العقلي ، ويكون قصيراً بديناً ذا وجه متسع دائري ، وجبهته بارزة وانفه مضغوط والفك نازل والفم مفتوح ، ووجهه عريض دائري واللسان كبير الحجم . كما يكون قصير القامة ، وتكون ثنية الجفن تشبه تلك الثنية التي تميز عيون المنغوليين ، ومن هنا جاءت التسمية . هذا وقد لوحظ أنّ هؤلاء الأطفال يولدون لأمهات متأخرات في السن ، فقد ذكر أنّ

نصف المصابين بهذا المرض في الولايات المتحدة هم لأمهات يزيد أعمارهن على (٤٠) سنة .

ب – مرض تيرنر : Turner's Syndrome

ويشار له بالتركيب الكروموسومي (xo) ؛ وينتج من إتحاد بويضة خالية من الكروموسوم x (يكون عدد كروموسومات البويضة ٢١ كروموسوماً) بحيوان منوي يحمل الكروموسوم السيني ليكون الزيجوت (xo) ومجموع كروموسوماته ٤٥ كروموسوماً ؛ يتطور وينمو الزيجوت إلى أنثى نادراً ما تصل إلى البلوغ الجنسي . ولهذا تكون الأثداء غير بارزة النمو بشكل واضح ، كما لا تحصل فيها ظاهرة التبويض أو الطمث ، وتتصف الأنثى أيضاً بالقصر والتخلف العقلي والعقم.

أمّا إذا اتحدت البويضة السابقة مع حيوان منوي يحمل الكروموسوم الصادي (Y)، فإنّ الزيجوت المتكون (OY) يتطور إلى ذكر لا يلبث أن يفارق الحياة . وهذا جعل العلماء يقترحون أنّه من الصعوبة بمكان أن يعيش الفرد بدون كروموسوم سيني واحد على الأقل .

جـ – مرض كلاينفلتر : Klinefelter's Syndrome

ويشار إليه بالتركيب الكروموسومي (xxy)؛ وينتج من إتحاد بويضة (x) مع حيوان منوي (xy) أو بويضة (xx) مع حيوان منوي (y) لتكوين الزيجوت (xxy) الذي يتطور إلى ذكر غير طبيعي . ويتصف الذكر عادة بالعقم لعدم وجود الخلايا الخاصة بانتاج الحيوانات المنوية ، فالأعضاء التناسلية ذكرية لكنها نصف حجمها الطبيعي . وقد يظهر الفرد بعض الصفات الأنثوية كبروز الأثداء مع قلة في نمو الشعر وغالباً ما يكون الفرد طويلاً .

وفي حالة تلقيح البويضة (xx) بحيوان منوي يحمل الكروموسوم السيني (x) يتكون الزيجوت بتركيب كروموسومي (xxx) لا يلبث أن يتطور إلى أنثى تُعرف بالأنثى المتفوقة أو العظيمة Superfemale ، مثل هؤلاء النساء عاديات غالباً لدرجة أنهن لا يعرفن أو يشعرن بذلك ، إلا أنّ بعض التقارير تُشير إلى أنّه قد يصبن بالتخلف العقلي من حين لآخر مع تأخر في نمو الأعضاء التناسلية وربما الاصابة بالعقم .

د – التركيب الكروموسومي (xyy) :

وينتج من اتحاد بويضة (x) مع حيوان منوي (yy) ليكون الزيجوت (xyy). ولكن **كيف ينتج هذا التركيب الكروموسومي** ؟ تذكر أنّ الانقسام الاختزالي عبارة عن انقسام اختزالي أول يتبعه انقسام غير مباشر ؛ فإذا تتبعت الخلية التي تحمل الكروموسوم (Y) من الانقسام الاختزالي الأول تجد أنّ عدم انفصال الكروموسوم (y) في الانقسام غير المباشر الثاني ينتج عنه حيوان منوي ذو تركيب (yy) واتحاده مع البويضة (X) سوف ينتج الزيجوت (xyy) .

لوحظ أنّ هؤلاء الأشخاص لهم **سلوك شاذ يصل إلى الاجرام في بعض** الحالات ؛ فقد ذكرت بعض التقارير العلمية الأمريكية أنّ أحد الأشخاص هاجم منازل ممرضات في شيكاغو وقتل ثماني ممرضات من أصل تسع بعد أن اعتدى على بعضهن جنسياً . إنّ الفحص الطبي لكروموسومات هذا الشخص دل على أنّه من التركيب الكروموسومي (xyy) ؛ أضف إلى ذلك أنّ مجرمين آخرين قد وجد أنّ لهم نفس التركيب الكروموسومي ، وأنّهم طوال القامة نسبياً يوصفون بالتخلف العقلي غالباً . وبناء على ما سبق دعا بعض (العلماء) على اعتبار الكروموسوم الزائد (y) هو المسؤول عن السلوك الشاذ للشخص ، لدرجة أنّ أحد المحامين الامريكيين استخدم هذه الفرضية في مدينة لوس انجلوس للدفاع عن موكله قائلا : إنّ الكروموسوم الزائد (y) هو المسؤول عن السلوك الشاذ العدواني للمتهم الذي ارتكب جرائم قتل وأخرى جنسية . وعليه ، طلب من المحكمة اخلاء سبيل المتهم . أما المحكمة فكان حكمها أن ردت طلب المحامي واعتبرت المتهم نفسه هو المسؤول عن جرائمه . والسؤال الذي يطرح نفسه ماذا يحدث لو وافقت المحكمة على طلب المحامي ؟ وهل يمكن اعتبار التركيب الوراثي (السيء) للشخص مسؤولاً عن السلوك العام للفرد ؟ لقد وجد أشخاص عاديون جداً يحملون التركيب الكروموسومي (xyy) مما يجعل البعض الآخر يقر بأنّ الكروموسوم الزائد ليس من الضروري أن يكون مسؤولاً عن السلوك الشاذ للرجال . ومهما يكن الأمر ، فإنّ احتمالية الشذوذ بالسلوك ربما تزداد كلما كان هناك شذوذ أو تغير في التركيب الكروموسومي وخاصة(xyy).

وهكذا لاحظنا أنّ عدم انفصال الكروموسومات الجنسية انفصالاً طبيعياً أثناء

تكون الخلايا التناسلية ينتج عنها تراكيب كروسومية غير مرغوب فيها ، وقد ذكر أنّ هذه الحالات تزداد في النساء مع تقدمهن في العمر خاصة بعد الأربعين عاماً ، وهذا قد يفسّر لنا بعض التشوهات الخلقية والأمراض الوراثية وأثرها على النضوج العقلي والجنسي لأبناء الأمهات اللواتي يزيد أعمارهن على أربعين عاماً .

مجاميع الدم في الإنسان Human Blood Groups

تُعتبر مجاميع الدم من الناحية الوراثية من الصفات المميزة الهامة للانسان ، إذ يتوقف نوع كل مجموعة دم على الطرز الوراثية لمجاميع دم الأبوين . لقد كانت الصفات الوراثية السابقة قاصرة على الأفراد التي تختلف في صفتين متضادتين غالباً ، لكن ظهر فيما بعد أنّ الكائنات الحية تحتوي على سلالات تختلف عن بعضها في أكثر من زوج من الصفات ، إذ إنّه يوجد أكثر من جين وراثي واحد يقابل جيناً آخر على الكروموسوم والموقع الوراثي له ، فالكروموسوم نفسه قد يحمل عدة صفات متضادة نتيجة لوجود عدة جينات وراثية ، وهذا ما يُعرف **بتعدد الأليلات** Multiple alleles ، وهذا ما يحدث بالضبط بالنسبة لوراثة مجاميع دم الإنسان ؛ فهناك ثلاثة جينات على الأقل مسؤولة عن وراثة مجاميع الدم في الإنسان ، بمعنى أنّ هناك أكثر من جينين متقابلين للصفات الوراثية لمجاميع الدم ، وهي جينات تقابل الواحدة الأخرى ولكن يجتمع جينان فقط في نفس الوقت معاً في الكروموسومات المتماثلة للانسان لأنّ الفرد يرث جيناً واحداً فقط من جهة الأب وجيناً آخر من جهة الأم . ولهذا يطلق على مثل هذه الجينات المتعددة **بالجينات المتقابلة المتضاعفة** ، فهي جينات متقابلة متضاعفة يوجد منها على نفس الموقع في الكروموسوم الواحد أكثر من جينين متقابلين .

من المعروف أنّه إذا دخلت مادة بروتينية غريبة إلى دم الإنسان فإنّ ذلك يثير جهاز المناعة في الجسم ويكون ما يعرف **بالأجسام المضادة** Antibodies في بلازما الدم. ويطلق على المادة البروتينية التي سببت تكون الأجسام المضادة بالانتجين Antigen الموجودة في كريات الدم الحمراء ؛ وإذا اجتمعت الأجسام المضادة بالانتجين فإنّ ذلك يسبب تجمعاً أو تلاصقاً لكريات الدم Agglutination مما يسبب غلق أو انسداد الأوعية الدموية وايقافها وبالتالي خطر الموت .

يوجد في دم الإنسان **نوعان رئيسيان من الأنتيجينات** : الأولى (A) والثاني (B)، وقد يوجدان إما مجتمعين معاً أو منفردين أو لا يوجدان على الإطلاق . وعليه ، قسّم العالم لاندستينر Landesteiner مجاميع دم الانسان (حسب نوع الأنتجين الموجود أو غيابه) إلى **أربع مجموعات** (الجدول ١٥-٢) كما يلي :

١ – إذا احتوت كريات الدم الحمراء على الانتجينA فقط فينتمي الدم إلى مجموعة دم A .

٢ – إذا احتوت كريات الدم الحمراء على الانتجين B فقط فينتمي الدم إلى مجموعة دم B .

٣ – وإذا احتوت كريات الدم الحمراء على كلا الأنتجين A وB معاً فينتمي الدم إلى مجموعة دم AB .

٤ – أما إذا لم تحتوي كريات الدم الحمراء على الأنتجينات على الأطلاق فينتمي الدم إلى مجموعة دم O .

ومن الناحية الوراثية ، فإنّ الجينات المسؤولة عن وجود الأنتيجينات (جينات الأنتيجينات B,A) تكون سائدة على الجين المسؤول عن غياب الأنتجين (O) ، بينما لا توجد سيادة بين B,A ، أي أنّ الجين (A) يظهر طرازه الشكلي كاملاً بوجود السائد الآخر الجين (B) والعكس صحيح؛، وهذا ما يعرف بالسيادة المشتركة Co - dominance . ولما كان الشخص الذي يحمل أنتجين A لا يمكن أن يوجد في دمه مضادات حيوية للانتجين A ، لأنّ وجودها يسبب تجميع وترسيب خلايا الدم وبالتالي الموت ، فإنّنا نجد ولأسباب ربما غير معروفة حتى الآن ، أنّ دم أي شخص يحتوي على الأجسام المضادة للأنتجينات غير الموجودة في خلايا دمه . ولهذا نجد كل مجموعة من مجاميع الدم يتوقف نوع الأجسام المضادة الموجودة في بلازما الدم على نوع الأنتجين الموجودة في كريات الدم الحمراء . وعليه نجد وراثياً (لاحظ الجدول رقم ١٥-٢) ما يلي :

أ – الشخص ذو مجموعة دم A يحمل في بلازما دمه أجساماً مضادة للأنتجينB.

ب - الشخص ذو مجموعة دم B يحمل في بلازما دمه أجساماً مضادة للانتجينA.

جـ - الشخص ذو مجموعة دم AB لا يوجد في دمه أجسام مضادة لأي من الأنتجينات.

د - الشخص ذو مجموعة دم O يحمل في بلازما دمه أجساماً مضادة لكل من الأنتجيناتA وB.

جدول (١٥-٢)

صفات مجاميع الدم

انتجين كريات الدم الحمراء	مجموعة الدم	الطرز الوراثية (التركيب الجيني)	الأجسام المضادة في بلازما الدم	يأخذ من	يعطي إلى
A	A	AA,AO	anti-B	A,O	A,AB
B	B	BB,BO	anti - A	B,O	B,AB
AB	AB	AB	لا يوجد	A,B,AB,O	AB
O	O	OO	anti - A,B	O	A,B,AB,O

وبالنسبة للتوزيع الجغرافي لمجاميع الدم ونسبها فإنّها تختلف حسب الشعوب والعروق وحتى من منطقة لأخرى ؛ إلا أنّها متقاربة من بعضها نسبياً ، على الرغم أنّ الجين A وB سائدان على الجين O ، وأنّA وB لهما نفس السيادة ، فقد وجد أنّ نسبة مجموعة الدمA و O كثيرة الانتشار . ولاعطاء فكرة عامة نذكر فيما يلي نسب توزيع مجاميع الدم في الولايات المتحدة (لاحظ الجدول رقم ١٥-٣) والتي تقترب من نظيرتها في أفراد الشعب العربي . وبوجه عام ، نجد في الأردن حوالي ٤٧٪ من دماء الناس هي من نوع O ، وأنّ ٤٠٪ من نوع A ، وأنّ ١٠٪ من نوع B وما يقرب من ٣٪ من نوع AB .

جدول رقم (١٥-٣)

النسبة المئوية لتوزيع مجاميع الدم في الولايات المتحدة

مجموعة الدم	السكان البيض	السكان السود	السكان الصينيون
O	٤٥	٣٨	٤٦
A	٤١	٢٧	٢٨
B	١٠	٢١	٢٣
AB	٤	١٤	٣

إنّ الفائدة العملية لمجاميع دم الإنسان كبيرة ومهمة جداً في عمليات نقل الدم من شخص لآخر حيث أصبحت ضرورية جداً لانقاذ حياة الأفراد الذين يعانون إما من فقر دم أو النزيف أو في ساحات القتال . وحتى يتم ذلك بنجاح لابد من تحديد مجموعة الدم لكل من الشخص العاطي والشخص المُعطى له . **والمبدأ العلمي في** نقل الدم هو أن يحدث توافق تام بين دم الشخص العاطي والمعطى له ، وحتى يتم ذلك يجب أن لا تتفاعل كريات دم العاطي من بلازما المعطى إليه ، أي أن يكون هناك **توافق بين أنتجين العاطي مع الأجسام المضادة** لبلازما دم المُعطى إليه . أما بالنسبة للأجسام المضادة الموجودة في دم الشخص العاطي فليس لها تأثير على أنتجين الشخص المعطى إليه لأنّ هذه البلازما تخفف كثيراً في دم المعطى إليه . والجدول (١٥-٤) يبين مجاميع الدم المختلفة التي يمكن أو لا يمكن أن يحدث توافق بينها أثناء عمليات نقل الدم.

وبناء عليه ، يمكن ابداء الملاحظات التالية أثناء عملية نقل الدم :

١ - الشخص ذو مجموعة دم O ، ونظراً لاحتواء بلازما دمه على أجسام مضادة لكل من مجاميع الدم A وB لا يستطيع أن يأخذ دماً من مجموعة A أوB أو AB لأن ذلك يعني تجميع أو ترسيب كريات الدم وبالتالي الموت ؛

لكنه يستطيع أن يأخذ دماً من أفراد ينتمون إلى مجموعة الدم O المشابهة لمجموعة دمه فقط . مقابل ذلك يمكنه أن يعطي دماً لأية مجموعة من مجاميع الدم ولهذا يطلق عليه (معطي عام) Universal donor .

جدول رقم (١٥-٤)

مجاميع الدم المتوافقة وغير المتوافقة أثناء نقل الدم

مجموعة الدم	الانتجين	الأجسام المضادة	يمكن أن يعطي الدم إلى	يمكن أن يأخذ الدم من
O	لا يوجد	anti - A,B	جميعها	O
A	A	anti - B	A,AB	O,A
B	B	anti - A	B,AB	O,B
AB	AB	لا يوجد	AB	جميعها

٢ - الشخص الذي يحمل مجموعة دم A يمكن أن يأخذ دماً من أفراد ينتمون إلى مجموعة دم A وO ؛ لكنه لا يستقبل دم B أو AB ويمكنه أن يعطي دماً إلى أفراد ينتمون إلى مجموعة دم A وAB .

٣ - الشخص الذي يحمل مجموعة دم B يمكن أن يأخذ دماً من أفراد ينتمون إلى مجموعة دم B وO ؛ لكنه لا يستقبل دم A أو AB ويمكنه أن يعطي دماً إلى أفراد ينتمون إلى مجموعة دم A وAB .

٤ - الشخص الذي يحمل مجموعة دم AB ، ونظراً لعدم احتواء بلازما دمه على أجسام مضادة للانتيجينات A وB ، يستطيع أن يأخذ دماً من جميع

مجاميع الدم (O , AB , B, A)، ويمكنه أن يعطي فقط مجموعة دم مشابهة لمجموعة دمه AB ويُطلق عليه (مستقبل عام) Universal Recepient .

وراثة مجاميع الدم Inheritance of Blood Groups

تتمشى وراثة مجاميع الدم مع قوانين مندل الوراثية بوجه عام ، لكنها تعتمد في وراثتها على ثلاثة جينات (أليلات) يرمز لها برموز مختلفة ، إلا أنّه سنستخدم نفس رموز مجاميع الدم تسهيلاً لدراستها . وعليه ، يكون التركيب الجيني لمجموعة الدم A ، إمّا AA أو AO (تذكر أنّ الجينين A و B سائدان على الجين O) ولمجموعة الدم B هو BB أو BO ، ولمجموعة الدم AB هو AB وكذلك بالنسبة لمجموعة الدم O هو OO (لاحظ الجدول رقم ١٥-٥) .

هذا وقد أمكن تطبيق دراسة مجاميع الدم في الإنسان وراثياً ، حيث ثبت أنّ لها نتائج قاطعة في معرفة مجموعة دم الأطفال الممكن انجابهم من مجموعتي دم الأبوين . والجدول (١٥-٥) يبين الطرز الشكلية والوراثية للآباء والأبناء الممكن انجابهم ؛ كما يبين مجاميع دم الأبناء التي لا يمكن وراثتها من الأبوين . وعليه ، إذا كان الأبوان ينتميان إلى مجموعة الدم O فإنّ ابنهما لابد وأن يحمل مجموعة دم O . أما إذا كان أحد الأبوين ينتمي إلى مجموعة الدم A والآخر إلى مجموعة الدم B ، فإنّ الطفل يمكن أن يحمل أية مجموعة من مجاميع الدم المختلفة .

ولهذا النظام الوراثي بعض **التطبيقات العملية** خاصة في القضايا المتصلة ببنوة مشكوك في أبوتها أو عند اختلاط الأطفال في مستشفيات الولادة . ولمعرفة ذلك لابد من **تحليل ومعرفة** مجاميع الدم للأبوين والأطفال لتعيين وتحديد مجموعة الدم المحتملة للأبناء ؛ فمثلاً ، إذا كان الأبوان ينتميان لمجموعة الدم O فلا يحتمل أبدا أن يولد لهما طفل مجموعة دمه A أو B أو AB . ولكن إذا كان الأبوان (AXB) فهل يمكن لاختبار مجاميع الدم أن يثبت شيئاً ؟ لماذا ؟ يمكن للطفل أن ينتمي لأية مجموعة من مجاميع الدم الأربع ، ولهذا فإنّه من الصعب أحياناً إثبات البنوة أو نفيها سواء في المستشفيات أو في المحاكم ، لكنها يمكن أن تستخدم كدليل إضافي لاصدار الحكم على بنوة الأبناء المختلف عليهم . وعليه ، ماذا تتوقع أن تكون مجاميع دم الأبناء المحتمل

انجابهم إذا كان مجموعة دم الأب B ومجموعة دم الأم O ؟ وإذا تزوج رجل دمه AB بامرأة من المجموعة O فما هي مجاميع الدم المتوقعة في الأبناء ؟ وما هي النسبة المئوية لامكان حصولهم على الطفل الأول من المجموعة A ؟ وهل يمكن أن يولد لهما طفل من المجموعة AB ؟ .

نظراً لوجود مجاميع مختلفة من الدم واحتمالية إنجاب أطفال مختلفين في مجاميع الدم ، فإنّ السؤال الذي يطرح نفسه هو **ما مدى توافق الدم بين الأم وجنينها** بالنسبة لمجاميع الدم المختلفة ؟ ذكرت التقارير العلمية أنّ حوالي ٦٪ من وفيات الأجنة في مراحلها الأولى ينتج من عدم توافق بين مجموعة دم الأم ومجموعة دم طفلها ؛

جدول (١٥-٥)

مجاميع دم الأبوين ومجاميع دم الأبناء المحتملة وغير المحتملة

مجموعة الدم غير المحتملة	الأبناء: التركيب الوراثي	الأبناء: مجموعة الدم	الأبوان: التركيب الوراثي	الأبوان: المجموعة
A, B, AB	O/O	O	O/O x O/O	O x O
-- --	A/A	A	O/O x A/A	O x A
B, AB	O/O , A/O	O , A	O/O x A/O	O x A
-- --	B/O	B	O/O x B/B	O x B
A, AB	O/O , B/O	O , B	O/O x B/O	O x B
O, AB	A/O , B/O	A ,B	O/O x A/B	O x AB
-- --	A/A	A	A/A x A/A	A x A
B, AB	A/A , A/O, O/O	A , O	A/O x A/O	A x A
-- --	A/A , A/O	A	A/A x A/O	A x A
-- --	A/B	AB	A/A x B/B	A x B
-- --	A/O , A/B	A , AB	A/A x B/O	A x B
-- --	B/O , A/B	B, AB	A/O x B/B	A x B
none	A/O, B/O, A/B, O/O	A, B, AB, O	A/O x B/O	A x B
O	A/A, A/B, B/B	A, B, AB	A/B x A/B	AB x AB

جدول (١٥-٦)

احتمالية توافق وعدم توافق بين دم الأم وجنينها

الأب

الأم	OO	AA	AO	BB	BO	AB
OO anti - A anti - B	OO	AO	AO OO	BO	BO OO	AO BO
AA anti - B	AO	AA	AA AO	AB	AB AO	AA AB
AO anti - B	AO OO	AA AO	AA AO OO	AB BO	AB AO BO OO	AA AB BO
BB anti - A	BO	AB	AB BO	BB	BB BO	AB BB
BO anti - A	BO OO	AB AO	AB BO AO OO	BB BO	BB BO OO	AB BB AO BO
AB none	AO BO	AA AB	AA AO AB BO	AB BB	AB BB AO BO	AA AB BB

فمثلاً ، هناك احتمال عدم توافق بين أم مجموعة دمها O وطفلها إذا كان الأب يحمل مجموعة دم AB (لماذا ؟) والجدول (١٥-٦) يبين احتمالية عدم توافق بين دم الأم وجنينها (لاحظ مجاميع الدم التي تحتها خط) وبعض الصعوبات المحتملة التي قد تنشأ عن اختلاف في مجاميع دمهما ، آخذين بعين الاعتبار تأثير الأجسام المضادة للأم على كريات الدم الحمراء للجنين والتي غالباً ما تسبب انحلال كريات دم الطفل -Er

. throblastosis

العامل الرايزيسي (الريسي) Rhesus or Rh factor

ذكرنا أنّ دم الإنسان ينتمي لاحدى مجاميع الدم الأربع: (O , AB , B , A) . بالاضافة إلى هذا يلحق بكل مجموعة من هذه المجاميع عامل اسمه Rh factor ؛ فلقد وجد أنّ دم الإنسان يحتوي على أنتجين له أهمية كبيرة في حياة الجنين ، ولأنّ الانتجين اكتشف أولاً في نوع من القردة Rhesus Monkey لذا أطلق على الانتجينات بالعامل الرايزيسي (الريسي) Rh factor . هذا وقد وجد أنّ غالبية سكان العالم ، حوالي ٨٥٪ ، يحملون الأنتجين الرايزيسي ، ولكونه يرتبط بجين سائد معين لذا يُرمز له بالرمز R أو Rh ولهذا يُسمى هؤلاء بموجبي العامل الرايزيسي + Rh ؛ في حين وجد أنّ حوالي ١٥٪ من السكان لا يحملون الأنتجين الرايزيسي ، ولكونه يرتبط بجين متنحٍ لذا يُرمز له بالرمز r أو rh ولهذا يسمى هؤلاء الأشخاص بسالبي العامل الرايزيسي - Rh .وهكذا يلحق بمجاميع الدم **نوعان من العامل الرايزيسي هما** :

١ – **موجب العامل** الرايزيسي + Rh ؛ ويكون التركيب الوراثي لهؤلاء الأشخاص إما RhRh أو Rhrh .

٢ – **سالب العامل** الرايزيسي – Rh ؛ ويكون التركيب الوراثي لهؤلاء الأشخاص rhrh ، وهم لا يحملون الأنتجين الرايزيسي ، إلا أنّهم ينتجون أجساماً مضادة له إذا ما تعرضوا له في إحدى الحالتين التاليتين أو كلتيهما :

أ – نقل الدم ، كأن يُنقل دم شخص موجب العامل الرايزيسي إلى دم شخص سالب العامل الرايزيسي .

ب – تبادل الدم بين الأم والجنين ، كأن يكون دم الأم من نوع - Rh ودم الأب من نوع + Rh والجنين + Rh .

إنّ التحليل الوراثي لمجموعة Rh أظهرت أنها صفة وراثية تتبع في وراثتها للعوامل الوراثية المتعددة ؛ وإذا اعتبرنا أنّ مجاميع الدم (O و A و B) مهمة جداً في

عمليات نقل الدم فإنّ المجموعة Rh كثيراً ما تكون مسؤولة عن وفاة الأطفال (حوالي ٥٪) قبل أو بعد الولادة مباشرة نتيجة لتحلّل كريات الدم الحمراء للجنين . بالاضافة ، فقد وجد أن دم + Rh و - Rh لا يوجد بينها توافق خاصة عند نقل دم شخص + Rh إلى شخص - Rh ، وربما يتعرض الشخص لخطر الموت إذا كان قد أعطي دم شخص من نوع + Rh . والسؤال هو : **متى يحدث عدم توافق الدم** بين الأم والجنين نتيجة Rh؟ يحدث هذا في الزيجات التي يكون فيها الزوج موجب العامل + Rh ومتماثل الجينات ، والزوجة سالبة العامل - Rh (دمها لا يحتوي على الانتجين الرايزيسي) ، والجنين + Rh . فبالرغم أنّه لا يوجد اختلاط بين دم الأم ودم الجنين إلا أنّ بعض الاختلاط يحدث نتيجة لتسرب بعض خلايا دم الجنين من خلال المشيمة أو أثناء إنسلاخ المشيمة التي تحتوي على أوعية دموية مكونة من الأم والجنين ، ونتيجة لذلك يبدأ دم الأم في تكوين أجسام مضادة للتغلب أو قتل الخلايا التي تسربت إليه وخاصة الانتجين الرايزيسي الذي تسرب مع دم الجنين إلى الأم ، وتمر هذه المضادات للجنين عن طريق المشيمة فيحدث ما أشبه بالحرب ويبدأ الكل بالقتال ، إلا أنّ الجنين سيخسر المعركة نتيجة لضعفه وعدم قدرته على مجابهة جهاز المناعة عند الأم ، وبالتالي يبدأ دم الجنين بالتميّع والانحلال وتقل كميته ، وهذا يعتمد بالطبع على مدى كمية المضادات التي تسربت من الأم إلى دم الجنين .

والجدير بالذكر أنّ المرأة التي تحمل لأول مرة يكون الجنين أقل تعرضاً لخطر الموت من لاحقه ، وأنّ معظم هؤلاء الأطفال يولدون ولادة طبيعية دون وجود مضاعفات نتيجة لاختلاف العامل Rh ويشترط أنّ الأم لم تُعط أي دم في حياتها من مجموعة دم + Rh قبل حملها . أما إذا حملت الأم للمرة الثانية ، فسوف تتسرب الأجسام المضادة خلال المشيمة إلى دم الجنين وتهاجمه وتسبب انحلال وتميع كريات الدم الحمراء له مما يسبب **انسداد الأوعية الدموية للطفل** وبالتالي احتمال موته ، وهذا ما يعرف بمرض **انحلال كريات الدم الحمراء للجنين** Erthroblastosis . أما إذا كان الجنين يحمل نفس العامل الذي تحمله الأم - Rh فلن يكون هناك أية مضاعفات مطلقاً ؛ ويمكن توضيح ما سبق كما يلي :

١ - الحمـــل الأول : الأم - Rh × الأب + Rh (متماثل الجينات)

التركيب الوراثي: rhrh × RhRh

↓

أنتجين الجنين يستحث ——— Rhrh ——— غالباً يعيش الطفل الأول.

دم الأم ويسبب

تكوّن أجسام مضادة **الجنين الأول**

في دم الأم ضد

الأنتجين الرايزيسي

للطفل

٢ - الحمـــل الثانـــي : الأم - Rh × الأب + Rh (متماثل الجينات)

الأجسام المضادة للأم rhrh | RhRh

↓

تهاجم خلايا دم الجنين ——— Rhrh ——— مرض انحلال كرات الدم

الجنين الثاني الحمراء للجنين ، يتعرض لخطر الموت غالباً .

وهكذا نلاحظ أنّ الحمل المقبل المتكرر يزيد من احتمالية قتل الجنين . والسؤال الذي يطرح نفسه ، هل الاختلاف بين الأم والأب بالنسبة للعامل Rh يعني دوام موت الطفل نتيجة لانحلال كريات الدم الحمراء ؟ وهل يمكن انقاذ مثل هؤلاء الأطفال ؟

تذكر بعض التقارير العلمية أنّ هناك عدداً كبيراً من الأمهات من نوع - Rh قد وضعن أطفالاً من نوع + Rh دون حدوث أية مضاعفات أو مخاطر ، ولعل ذلك بسبب موانع كثيرة موجودة بالمشيمة وظيفتها العمل على قتل وتقليص خلايا + Rh التي يقذفها الجنين ضد خلايا الأم . وهذه الظاهرة ، حماية الجنين داخل رحم أمه ، ربما عجز العلم عن تفسيرها حتى الآن . وعملياً يمكن القضاء على المضادات وحماية الطفل من العواقب المؤلمة وذلك بتطعيم الأمهات ذوي المجموعة - Rh بمصل خاص anti

Rh bodies - لقتل أو إبطال أو معادلة خلايا دم الطفل التي كانت قد تسربت إلى الدورة الدموية للأم ، **وقبل أن يقوم جهاز المناعة للأم** بالاستجابة لها بتكوين أجسام مضادة للعامل أو الأنتجين الرايزيسي ؛ ويتم هذا بعد الولادة مباشرة وبذلك نكون قد تغلبنا على هذه المشكلة . كما يمكن انقاذ حياة الطفل باجراء عملية نقل دم كلي للطفل خلال فترة قصيرة سواء داخل الرحم أو بعد الولادة مباشرة وذلك لاحلال دم جديد محل الدم الذي تفتت فيه كريات الدم الحمراء . وكوقاية ، يجب التأكيد على عدم إعطاء المرأة سالبة العامل الرايزيسي دماً موجب العامل الرايزيسي وذلك لتجنب تكون أجسام مضادة في دم المرأة للأنتجين الرايزيسي . أما إذا كانت الأم -Rh والأب -Rh أو الأم +Rh والأب +Rh فلا داعي للقلق أو الخوف على الاطلاق .

التطبيقات العملية للوراثة في الإنسان

من العرض السابق نستطيع أن نلخص بعض التطبيقات العملية لموضوع الوراثة في الانسان كما يلي :

١ – الاستفادة من مجاميع الدم (A, B, O)في عمليات نقل الدم من شخص إلى آخر خاصة في حالة الطوارئ التي تقتضي ضرورة نقل دم من إنسان لآخر يعاني نقصاً في دمه سواء نتيجة فقر دم أو إصابته في حادث أو في حالة جرحى الحرب . لذا، من الضروري إعطاء المصاب ما يتناسب مع دمه دون أن يسبب له تجمعاً أو ترسيباً في دمه .

٢ – يمكن استخدام اختبارات مجاميع الدم في الأحكام التي يُصدرها الطب الشرعي في الحكم على مدى صحة انتساب الأبناء إلى الآباء ؛ بما أنّ مجموعة دم الطفل تتحدد وراثياً قبل ولادته لذا يمكن (في بعض الحالات) عن طريق معرفة دم الطفل وكذلك مجموعة دم أبويه بالحكم باثبات أو نفي انتماء الطفل إلى والديه.

٣ – يمكن انقاذ الأطفال الناتجة من الزيجات التي يكون فيها الأب موجب العامل الرايزيسي (متماثل الجينات) والأم سالبة العامل الرايزيسي إمّا عن طريق نقل دم كلي للطفل بسرعة أو بتطعيم الأم بمصل خاص لمعادلة أنتيجينات الطفل التي

كانت قد تسربت للأم من خلال المشيمة .

٤ - **الكشف الطبي قبل الزواج يعطي فوائد جمة خاصة في المجالات الصحية** والاجتماعية والاقتصادية ، ومن هذه الفوائد ما يلي :

أ - تجنيب العائلة خطر انجاب أطفال غير مؤهلين للحياة بشكل سليم وذلك لاحتمال إصابتهم بأمراض وراثية تنتقل إليهم من الأبوين ؛ وهذا ما يعرف بالوراثة الانسانية الوقائية أو علم تحسين النسل الانساني Eugenics .

ب - تقليل احتمال مجيء أطفال مشوهين أو معاقين عقلياً خاصة في الحالات التي لها علاقة بوراثة بعض الأمراض الوراثية كالعمى اللوني ونزف الدم والصرع وعشرات الأمراض العصبية الأخرى .

جـ - الحيلولة دون حصول زواج لمن هو مصاب بمرض وراثي قد يسبب في إصابة الجنين بتشوهات خلقية إلا بعد التأكد من زوال المرض أو معالجته على الرغم أنّ زوال المرض لن يحول دون احتمال انتقال جيناته - وفق قواعد الوراثة - إلى الأبناء .

د - إتخاذ الاحتياطات والاجراءآت اللازمة والقرارات لمنع حدوث المضاعفات كفوارق الدم بين الزوجين خاصة في مجاميع الدم والعامل الرايزيسي أو بعض الأمراض الوراثية الأخرى .

هـ - توفير العناء والبغضاء والكراهية والخسائر المادية والمشاكل العائلية والاجتماعية والنفسية وتشرد الأطفال نتيجة احتمالية حدوث الطلاق بين الزوجين ، حيث تشير سجلات الطلاق لدى المحاكم الشرعية أنّ إصابة أحد الزوجين بالعقم الدائم والمرض المزمن بالاضافة إلى مشاكل وراثية أخرى هي من أسباب الطلاق ، والتي تسبب فيما بعد الآلام والأحزان والمشاكل العائلية والاجتماعية والاقتصادية . وعليه ، يمكن أن نمنع كثيراً من هذه المآسي عن طريق فحص الزوجين طبياً قبل الزواج ، خاصة وأنّ قانون الأحوال الشخصية الأردني يعطي الزوجين الطلب في التفريق والطلاق لوجود العيوب والعلل الصحية غير القابلة للزوال والتي تحول دون قيام حياة

زوجية طبيعية وعادية بين الزوجين .

٥ - تجنب الزواج بين الأقارب ما أمكن ذلك ، إذ وجد أنّه كلما ضاقت درجة القرابة ازدادت احتمالات ظهور الأمراض الوراثية والجينات المتنحية في الأجيال الناتجة. ففي مجال الطب ، لوحظ أنّ هناك أمراضاً وراثية معينة تختص بعائلات معينة ، ولهذا إذا حدث تزاوج بين هذه العائلات فإنّ ذلك يؤدي إلى عزل الصفات وظهور الصفات المتنحية غير المرغوب فيها في الأبناء بحالة نقية وبالتالي إصابة بعض الأبناء بالمرض أو العيب الجسدي أو العقلي . أما إذا كانت الصفات حسنة ومرغوبة فتكون عندها النتائج مرضية . ومهما يكن الأمر ، فإنّه يفضل التزاوج بين الأباعد من أجل تحسين الصفات الوراثية في الانسان وتحسين النوع البشري والتخلص من الصفات المعيبة والأمراض الوراثية .

٦ - **الارشاد الوراثي (الجيني) : Genetic Counseling** يُسأل الوراثي أحياناً من قبل الزوجين أو المقدمين على الزواج عن احتمال صفات أبنائهم الذين يتوقع انجابهم، وهل ينصح (من الناحية الوراثية) بانجاب الأطفال أو عدمه ؛ مثل هذه الاستشارات مرغوب بها سواء كانت قبل الزواج أو بعده أو أثناء الحمل بواسطة طرق الكشف المعروفة باسم (Amniocentesis) خاصة إذا كانت الصفات تختص بحالات وراثية مرضية أو تشويهية محددة بالتركيب الوراثي . فالمرشد الوراثي في هذا المضمار لا يختلف عن الطبيب الذي يحاول أن يشخص مرضاً مستعصياً لا علاج له ، فعليه إذن أن يذكر الحقيقة وبطريقة انسانية .

لقد أصبح الإرشاد الوراثي علماً واسعاً ومهماً في الحياة خاصة إذا علمنا أنّ هناك ما يزيد على ١٦٠٠ حالة من حالات العيوب الوراثية وأن أي إنسان يحمل على الأقل ٦-٨ جينات متنحية مميتة . ولهذا فإنّ الارشاد يعطينا القدرة على استقصاء عدد من العيوب الوراثية والأمراض العقلية والانزيمات والأحماض الأمينية وطبيعة وعدد الكروموسومات ، إذ إنّ فحص الكروموسومات لخلايا الجسم منذ الولادة تساعد في عمليات التشخيص لتحديد المرض أو العيب الوراثي خاصة الناتجة عن حالات عدم انفصال الكروموسومات انفصالاً طبيعياً ولربما المساعدة في علاجها خاصة تلك التي

لها علاقة بتطور الأعضاء الجنسية عن طريق الهرمونات أو الغذاء كما في بعض الأمراض الوراثية .

٧ – دراسة وتحليل الأمراض الوراثية وطرق معالجتها كمرض العمى اللوني ونزف الدم والبلاهة المنغولية وغيرها ؛ وهذا يسمى بالوراثة الانسانية العلاجيةMedical . Genetics

٨ – **الهندسة الوراثية** Genetic Engineering وهي فرع حديث جداً (قد يكون مرعباً) من الفروع التطبيقية للوراثة سواء في الإنسان أم في الكائنات الحية الأخرى ؛ إلا أنها غالباً ما تبدأ في الكائنات الحية الأخرى غير الانسان ؛ فالأنظار تتجه اليوم إلى مركب الوراثة .D.N.A الذي يقدم **ثورة علمية** تُعتبر من أخطر وأهم ما قدمه العلم حتى الآن . وتتلخص الفكرة في مدى امكانية إزالة بعض الجينات ذات العلاقة، بعد تخطيطها وتحديدها ، وزرعها أو استبدالها بجينات أخرى ؛ فعلماء هندسة الجينات يتعاملون مع الجينات نفسها بنقل جين أو أكثر من كائن حي إلى آخر ليكتسب هذا الكائن صفة وراثية دائمة ومرغوبة ؛ في حين يمكن التخلص من بعض جينات الوراثة ذات العيوب الوراثية . ومن هنا يخطط الباحثون لهذا المركب .D. N. A ليقوم بالعديد من المهمات سواء في الانسان نفسه أو في كائنات حية أخرى لها صلة مباشرة في الإنسان أو في حياته ومنها ما يلي :

أ – إنتاج سلالات حيوانية جديدة ذات أغراض متباينة كانتاج الحليب واللحم والصوف الجيد والبيض والعسل ... في غير طرق التهجين التي يعتقد فيها علماء هندسة الجينات أنها تعتمد على احتمالات كثيرة وتحتاج إلى عدة سنوات وقد لا يخرج الباحث بعدها بنتيجة مرضية .

ب – إنتاج سلالات نباتية جديدة لها القدرة على تثبيت نيتروجين الجو بسهولة ، وذلك عن طريق زرع جين أو أكثر يجعل النباتات قادرة على تثبيت نيتروجين الجو وبالتالي لا تحتاج للأسمدة التي ترتفع أسعارها يوماً بعد يوم .

جـ – إنتاج سلالات نباتية لها القدرة على مقاومة هجوم الحشرات والآفات

الزراعية الأخرى ، ويعتمد ذلك على زرع جينات خاصة في النباتات تكون قادرة على إنتاج بروتين أو أنزيم يقوم بتحطيم السموم الخارجية . وهكذا تنمو النباتات بشكل قوي في حين تموت الأعشاب المجاورة بفعل هذه المبيدات .

د – إنتاج سلالات نباتية لها القدرة على المعيشة في **الأراضي المالحة** أو الأراضي الصحراوية ، وذلك بزرع جينات وراثية خاصة تؤهل النباتات لتحمل زيادة الملوحة أو العيش تحت ظروف صحراوية قاسية كارتفاع درجة الحرارة وقلة الماء .

هـ – إنتاج سلالات لكائنات حية ميكروسكوبية (مجهرية) لها القدرة على **التهام البترول المسكوب** من البواخر الضخمة الناقلة للبترول نتيجة تعرضها لحادث أو غيره، وبالتالي تستطيع هذه الكائنات الحية (خاصة البكتيريا) من تنظيف البحار والمحيطات من هذه الزيوت ومنع تلوث البيئة والمحافظة على الثروة الحيوانية البحرية .

و – تعديل أو معالجة الجينات التالفة أو المعطوبة في الانسان كما يحدث في بعض الأمراض الوراثية التي تحدثنا عنها سابقاً .

ز – إنتاج علاجات طبية أو مضادات حيوية لبعض الأمراض التي يتعرض لها ملايين الناس بكميات كبيرة وبصورة تجارية ، كما في إنتاج هرمون الأنسولين الذي تم انتاجه تجارياً من بعض أنواع البكتيريا ، أو إنتاج الهرمون المنبه لعلاج قصر القامة على سبيل المثال .

جـ – إيجاد طريقة لضبط ووقف نمو الخلايا السرطانية أو ما يعرف بمرض السرطان Cancer الذي يقضي على أعداد هائلة جداً من الناس سنوياً .

ط – إنتاج كائنات حية مشابهة تماماً (نسخ كربون) لأمهاتها Cloning ، وهي جزء من الهندسة الوراثية تتم بطريقة معينة حصيلتها النهائية إنتاج كائنات حية مشابهة تماماً (كالتكاثر اللاجنسي أو الخضري) لأمها . هذا وقد نجحت هذه العملية في بعض الكائنات الحية كالبروتوزوا والضفادع وغيرها ، كما أنّ التجارب مستمرة في الحيوانات الأخرى وبعض النباتات .

والجدير بالذكر أنّ علماء هندسة الجينات لابد لهم وأن يستعملوا ميكروبات معينة كعربة أو حامل لزرع الجينات المطلوبة في الكائن الحي ، إذ إنّ ادخال أي جزء من الـ DNA مباشرة في الجسم يعني تحليله وتحطيمه بسرعة بفعل الانزيمات ؛ ومن الميكروبات المستخدمة بعض أنواع البكتيريا والفيروسات . هذا وبالرغم أنّ هذه الأبحاث ثورة علمية هامة إلاّ أنها مثار جدل بين مؤيد ومعارض بين العلماء أنفسهم وبين رجال السياسة أيضا وذلك لاحتمال وجود مخاطر عديدة خاصة حول الميكروبات المستخدمة التي قد ينتج منها سلالات جديدة مرضية وبائية يصعب التحكم فيها وبالتالي انتشار أمراض وبائية غير معروفة . بالإضافة إلى زيادة احتمال مقاومة الميكروبات المرضية للمضادات الحيوية وكثيراً ما يعتقد أنّ مثل هذه الأبحاث غير مقبولة عند كثير من فئات المجتمع خاصة تلك المتعلقة بالانسان .

حل المسألة الوراثية

على الرغم أنّه يمكن اتباع عدة أساليب أو طرائق مختلفة في حل المسألة الوراثية، إلاّ أنّه – تسهيلاً وتيسيراً – يُقترح اتباع الخطوات الأساسية التالية والاهتداء بها في حل المسألة الوراثية ، وهي :

أولاً : كتابة التركيب الشكلي للأبوين .

ثانياً : تحديد التركيب الجيني / الوراثي للأبوين .

ثالثاً : تحديد الجاميتات المذكرة والمؤنثة المُحتمل تكوينها .

رابعاً : تحديد التركيب الجيني / الوراثي للأبناء المحتمل انجابهم .

خامساً : تحديد التركيب الشكلي للأبناء المحتمل انجابهم .

سادساً : الاستنتاجات الوراثية التي يمكن استنتاجها من حل المسألة الوراثية .

وفيما يلي أمثلة لتوضيح تطبيق الخطوات السابقة في حل المسائل الوراثية المختلفة.

مثال (١) : إذا تزوج رجل مجموعة دمه AB من إمرأة مجموعة دمها O ؛ فما التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم ؟

الحل:

١ – **التركيب الشكلي** للأبوين :

مجموعة دم الأب AB X مجموعة دم الأم O

٢ – **التركيب الجيني / الوراثي** للأبوين :

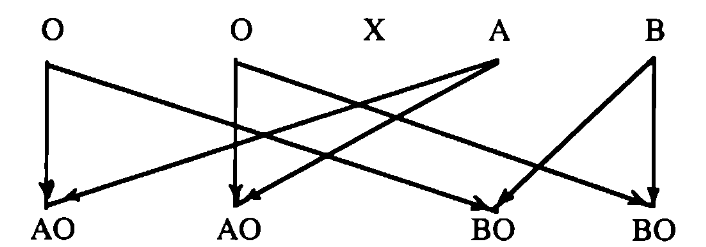
اعتماداً على الرموز (العالمية) المتبعة في مجاميع الدم ، فإنّ التركيب الجيني / الوراثي للأبوين هو كما يلي :

AB X OO

٣ – **الجاميتات المذكرة والمؤنثة** المحتمل تكوينها ، هي :

• B , A X O , O

٤ – **التركيب الجيني / الوراثي** للأبناء المحتمل انجابهم :



٥ – **التركيب الشكلي للأبناء** المحتمل انجابهم :

– الطفل الأول مجموعة دمه B – والطفل الثاني مجموعة دمه B

– والطفل الثالث مجموعة دمه A – والطفل الرابع مجموعة دمه A

٦ – **الاستنتاجات الوراثية** كثيرة من بينها ما يلي :

أ – خمسون بالمئة (٥٠٪) من الأبناء يحملون مجموعة (B) ، والباقي (٥٠٪) مجموعة دمهم (A) .

ب – احتمال وجود عدم توافق الدم بين الأم وأجنتها المحتملة .

جـ – يمكن نقل دم من الأم إلى الأب في حين لا نستطيع نقل دم من الأب إلى

الأم (لماذا ؟) .

د – يمكن للأبناء أن يأخذوا دماً من أمهم ؛ في حين لا يمكن نقل دم من الأب إلى الأبناء (لماذا ؟) .

هـ – الأبناء الذين مجموعة دمهم (B) يمكن أن يأخذوا دماً من بعضهم بعضاً ، والشيء نفسه يُقال عن الأبناء الذين مجموعة دمهم (A) .

و – لا يمكن نقل دم من الأخوة الذين يحملون مجموعة الدم (B) إلى إخوانهم الذين يحملون مجموعة الدم (A) أو العكس (لماذا ؟)

ز – لا يمكن إنجاب أبناء مجموعة دمهم (AB) أو (O) في هذا الزواج .

ح – يُوصف الأب بأنّه مستقبل عام ، بينما توصف الأم بأنها معطية عامة (لماذا؟)

تمرين (١) : تزوج رجل مجموعة دمه (BO) من امرأة مجموعة دمها (O) ؛ المطلوب:

أ – بيّن في خطوات خمس التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم .

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكن استنتاجها في مثل هذا النوع من الزواج ؟

تمرين (٢) : تزوج رجل موجب العامل الرايزيسي متماثل الجينات من امرأة سالبة العامل الرايزيسي ؛ المطلوب :

أ – وضح التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم .

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكن استنتاجها في هذا النوع من الزواج ؟

تمرين (٣) : إذا تزوج رجل يتصف بالقدرة على تذوق مادة ألـ P.T.C. (مختلف الجينات) من إمراة لا تستطيع أن تتذوق تلك المادة ؛ فبيّن التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم .

تمرين (٤) : تزوج رجل مصاب بمرض الهيموفيليا من إمراة ناقلة له ، المطلوب :

أ – بين في خطوات خمس التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم.

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكن استنتاجها من مثل هذا النوع من الزواج؟

مثال (٢) : إذا تزوج رجل يتصف بالقدرة على ثني اللسان وشحمة أذنه حرّة (متخالف الجينات للصفتين المذكورتين) من إمراة تحمل نفس الصفتين المذكورتين شكلياً ووراثياً ، فبيّن التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم؟

الحل:

١ – التركيب الشكلي للأبوين :

الأب : يقدر على ثني لسانه وشحمة أذنه موجودة × الأم : تقدر على ثني لسانها وشحمة الأذن موجودة .

٢ – التركيب الجيني / الوراثي للأبوين :

– نرمز إلى الجين الذي يورث صفة القدرة على ثني اللسان بالرمز R ، ونرمز إلى الجين (الأليل) الذي لا يورث صفة القدرة على ثني اللسان بالرمز r .

– ونرمز إلى الجين الذي يورث وجود شحمة الأذن (حرّة) بالرمز E ، ونرمز إلى الجين (الأليل) الذي لا يورث وجود شحمة الأذن (ملتصقة) بالرمز e .

إذن : يكون التركيب الجيني / الوراثي للأبوين كما يلي :

Rr Ee X Rr Ee

٣ – الجاميتات المذكرة والمؤنثة المحتمل تكوينها ، هي :

RE , Re , rE , re X RE , Re , rE , re

٤ – التركيب الجيني / الوراثي للأبناء المحتمل انجابهم :

لتحديد التركيب الجيني / الوراثي للأبناء المحتمل انجابهم (١٦ فرداً) يفضل اتباع طريقة المربعات ، كما هو موضح بالمربع التالي :

♀ الأم / ♂ الأب	RE	Re	r E	re
R E	RR EE	RR Ee	Rr EE	Rr Ee
R e	RR Ee	RR ee	Rr Ee	Rr ee
r E	Rr EE	Rr Ee	rr EE	rr Ee
r e	Rr Ee	Rr ee	rr Ee	rr ee

٥ – **التركيب الشكلي للأبناء المحتمل انجابهم كما يلي :**

أ – يقدر على ثني اللسان وشحمة الأذن موجودة : ٩

ب – يقدر على ثني اللسان وشحمة الأذن غير موجودة : ٣

جـ – لا يقدر على ثني اللسان وشحمة الأذن موجودة : ٣

د – لا يقدر على ثني اللسان وشحمة الأذن غير موجودة : ١

وإذا تتبعنا كل صفة وراثية على انفراد ، إذ تورث وتورث مستقلة عن الصفة الآخرى ، فإنّنا نجد أو نستنتج ما يلي :

– قادر على ثني اللسان (١٢) إلى غير قادر على ثني اللسان (٤): كنسبة ٣ : ١ ؛

– شحمة أذنه موجودة / حرّة (١٢) إلى شحمة أذنه غير موجودة / ملتصقة (٤) : كنسبة : ٣ : ١ . وعليه ، حاول التوصل إلى استنتاجات وراثية أخرى متذكراً قانون مندل الأول والثاني .

تمرين (٥) : تزوج رجل قادر على ثني لسانه (متخالف الجينات) ومصاب بالعمى اللوني ، من إمرأة لا تستطيع أن تثني لسانها وناقلة لمرض العمى اللوني ؛ المطلوب :

أ – بيّن في خطوات خمس التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل

انجابهم.

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكنك استنتاجها في مثل هذا الزواج ؟

تمرين (٦) : إذا تزوج رجل شحمة أذنه ملتصقة ويحمل مجموعة دم (AB) ، من إمرأة شحمة أذنها حرّة بصورة غير نقية ومجموعة دمها (O) ، فبيّن :

أ – التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم .

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكنك الوصول إليها في هذا الزواج ؟

تمرين (٧) : تزوج رجل يحمل بروتين العامل الرايزيسي متماثل الجينات ومجموعة دمه (A) متخالف الجينات ، من إمرأة لا تحمل بروتين العامل الرايزيسي ومجموعة دمها (B) متخالفة الجينات ؛ المطلوب ما يلي :

أ – وضحّ في خطوات خمس التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم.

ب – ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكن استنتاجها في هذا الزواج ؟

تمرين (٨) : تزوج رجل أصلع (يشمل الرأس كله) مصاب بنزف الدم ، من إمرأة طبيعية غير صلعاء حاملة لنزف الدم ؛ المطلوب :

أ – بيّن التركيب الشكلي والوراثي للآباء والأبناء المحتمل انجابهم .

ب – اذكر الاستنتاجات الوراثية التي يمكنك استنتاجها في هذا الزواج ؟

تمرين (٩) : اختلط الطفلان (س) و (ص) معاً في أحد مستشفيات الولادة . وعليه ، ادّعت إحدى العائلات ولتكن (أ) بأنّ الطفل (س) الذي أعطي للعائلة (ب) هو طفلهم، وأنّ الطفل (ص) الذي أعطي لهم ليس بطفلهم ؛ بينما أنكرت العائلة (ب) هذا الادعاء وأصرّت بأنّ الطفل (س) هو طفلهم . وعند اجراء فحوصات مجاميع الدم ، تبيّن ما يلي :

– العائلة (أ) : مجموعة دم الأب (AB) ومجموعة دم الأم (O) .

– العائلة (ب) : مجموعة دم الأب (A) ومجموعة دم الأم (O) .

- مجموعة دم الطفل (س) هي : (A) ، ومجموعة دم الطفل (ص) هي :(O) .

المطلوب ما يلي :

أ - ما التركيب الشكلي والوراثي / الجيني لكل من الأبوين والأبناء المحتمل انجابهم عند العائلتين (أ) و(ب) ؟

ب - ما الاستنتاجات الوراثية التي يمكنك استنتاجها في كل من زواج العائلتين المذكورتين؟

جـ - احكم في هذه القضية وراثياً بغض النظر عن المتغيرات الأخرى .

د - اقترح حلاً لهذه القضية .

الوراثة والبيئة Heredity and Environment

تختلف آراء علماء الوراثة والانسانيات وغيرهم بالنسبة لأثر الوراثة والبيئة على الكائنات الحية بوجه عام والانسان بوجه خاص ؛ فبينما نجد الفريق الأول يؤكد على أهمية التركيب الوراثي في حياة الكائن الحي نجد الفريق الآخر يؤكد على دور البيئة في حياته . ومهما يكن الأمر ، فإنّ الدخول في النقاش التقليدي في أي منهما أهم الوراثة أم البيئة هو مضيعة للوقت ، وما الكائن الحي إلاّ **محصلة لمجموعة العوامل الوراثية وعوامل البيئة** التي يعيش فيها ، ومن الصعب أن نفصل أثر الوراثة عن أثر البيئة أو العكس في التشكيل النهائي للكائن الحي .

وعند اعتبار المتغيرين الوراثة والبيئة ، نجد أنّ التركيب الجيني في الكائن الحي يبقي مبدئياً ثابتاً في جميع خلايا وأنسجة الجسم اللهم إلاّ إذا حصل تغيير مفاجيء في التركيب الوراثي أو ما يُعرف بالطفرة Mutation ؛ في حين نجد عوامل البيئة متغيرة باستمرار حتى أثناء تطور الجنين داخل الرحم ، إذ يبدأ هناك أثر تغذية الأم وهرموناتها وانفعالاتها النفسية على الجنين ، وبالتالي يحصل التفاعل بين جينات الوراثة للجنين وبيئة الرحم ؛ أما بعد الولادة فتتدخل عوامل البيئة الطبيعية المختلفة والعوامل الاجتماعية والاقتصادية والثقافية ... مع الوراثة في التشكيل العام والنهائي للكائن الحي أو الانسان. وعليه ، يمكن القول بأنّ الجينات توجه الخط العام المباشر لتطور الكائن الحي،

في حين البيئة تعمل على تعبير أو تثبيط عمل هذه الجينات . وبوجه عام ، يمكن تحسس أثر العوامل البيئية المختلفة عند وضع توائم متطابقة (متماثلة وراثياً) في ظروف بيئية مختلفة ، فإنّها سوف تتمايز عن بعضها البعض بالصفات التي تتعلق بالوسط بشكل كبير، إلاّ أنّها سوف تتشابه في الصفات الجسمية المحكومة وراثياً ، وقد تتشابه أيضاً في التصرفات السيكولوجية والاجتماعية .

لقد بينّت دراسات على **التوائم المتطابقة** وضعت في بيئات (بيوت) مختلفة تحت ظروف اجتماعية وبيئية مختلفة ، بينت تشابهًا في الطول والوزن والصفات الجسمية الأخرى ؛ في حين أظهرت اختلافاً وفروقاً في النواحي الثقافية لصفاتهم خاصة في معامل الذكاء . كما أشارت أبحاث سيكولوجية أخرى تشابهاً كبيراً في التوائم كميلهما لعطر معين وتفضيلهما لنفس الألوان وأنواع الطعام ؛ وقد بلغ التشابه بينهما إلى حد أنّ كلا منهما اختار زوجته بنفس الشبه ونفس الاسم ! مثل هذه الدراسات تُشير إلى أنّ **العوامل الوراثية** سائدة في تأثيرها على الخط العام لتطور الفرد وشخصيته، **والبيئة** لها أثر كبير على **تعبير وترجمة** هذا الكيان الوراثي؛ وهكذا تكون عوامل الوراثة والبيئة مكملين لبعضهما البعض . وعليه ، يمكن توضيح أثر بعض العوامل البيئية المختلفة على تعبير وترجمة التراكيب الوراثية إلى طرز شكلية في العوامل البيئية التالية :

١ – أشعة الشمس (الضوء) : Sun Light

النباتات التي نشاهدها حولنا تملك جينات وراثية لانتاج مادة خضراء – الكلورفيل ؛ لوحظ أنّه إذا ما زرعت بعض البذور في الظلام فإنّ النباتات الناتجة تكون صفراء لا تستطيع تكوين هذه الصبغة الخضراء ، في حين لو تعرضت لأشعة الشمس (الضوء) فإنها تكونها وتصبح خضراء . وهذا يعني أنّ الجينات الوراثية لا تستطيع إظهار الصفة هذه إلا بوجود الضوء . مقابل ذلك ، فإنّ نبات الهالوك (متطفل على النباتات البقولية) لا يملك جينات وراثية لبناء الكلوروفيل ، وبالتالي فإنّه لا يستطيع تكوينها حتى ولو تعرض للضوء لمدة طويلة .

٢ – درجةالحرارة : Temperature

تشير التقارير العلميّة إلى أنّ تأثير التركيب الجيني يتغير تبعاً لتغير درجة الحرارة؛

فالجينات الوراثية ، على سبيل المثال التي تحدد لون الشعر أو الريش في بعض أنواع الثدييات (كالأرانب البرية) أو الطيور التي تعيش في مناطق ثلجية باردة ، يتغير تأثيرها بحيث يصبح لون الشعر أو الريش أبيض في الشتاء وبنياً في الصيف . كما وجد أنّ تقوس أجنحة ذبابة الفاكهة إلى أعلى ينتج من جين وراثي ينتقل من جيل إلى جيل ؛ وتظهر هذه الصفة إذا فقست بيوض الذبابة على درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية (س) ، في حين تفقد هذه الصفة (الأجنحة المقوسة) إذا ما فقست البيوض على درجة حرارة أقل من ١٦ درجة مئوية (س) .

٣ – التغذية : Nutrition

من المعروف أنّ للتغذية دوراً هاماً في نمو الكائن الحي ؛ فوجود البروتينات الكاملة كماً ونوعاً والأنواع المتعددة من الدهون والسكريات والأملاح المعدنية والفيتامينات والماء شيء لا غنى عنه بتاتاً للجسم ؛ ولهذا فغياب أي عنصر من هذه العناصر الغذائية يسبب اضطراباً وخللاً في النمو الطبيعي للجسم . وعليه ، وبالرغم أنّ الصحة العامة والمناعة والاستعداد للاصابة بالأمراض والطول .. هي صفات وراثية تقع تحت تأثير جينات مختلفة ، إلاّ أنّ تعبير وترجمة هذه الصفات إلى صفات شكلية ، كما تشير التقارير العلمية ، تتغير أو تتحول استجابة للتغذية والظروف البيئية التي يعيش فيها الفرد ، فقد وجد أنّ التغذية المناسبة كماً ونوعاً قد زادت الطول بضع سنتيمترات في أفراد الشعب الأمريكي والياباني .

٤ – الهرمونات والانزيمات : Hormones and Enzymes

الضوء ودرجة الحرارة والتغذية هي عوامل بيئية خارجية ، لكنّ هناك عوامل بيئية داخلية أخرى لها تأثير على إظهار وترجمة الصفات الوراثية ؛ من هذه العوامل الافرازات الداخلية للفرد كالهرمونات والانزيمات ، إذ يتحكم عادة كل هرمون أو انزيم في نشاط عضو أو جهاز ما ، فإذا حدث أي اختلال في إفراز الغدد والخلايا فإنّه ينتج تغير في الصفات الشكلية الوراثية رغم أنها وراثية ؛ فاضطراب افرازات بعض الهرمونات ، كهرمون النمو والهرمونات الأنثوية والذكرية مثلاً ، لها تأثير واضح على ترجمة الصفات الشكلية للطول والأعضاء التناسلية المختلفة ، ولعل في ذلك حكمه إذ

تعطينا الفرصة لمعالجة بعض الأمراض الوراثية باستخدام ظروف بيئية صناعية تعمل على تعديل المرض أو معالجته . ولهذا يمكن استخدام المستخلصات الهرمونية طبياً لعلاج بعض الأمراض الناتجة عن تأثير ظروف بيئية داخلية على الصفات الوراثية كمرض السكري ومرض PKU وضغط الدم أو ضعف تطور الأعضاء التناسلية وغيرها .

وهكذا نستنتج أنّ للبيئة أثراً كبيراً في تعبير وترجمة الطرز الوراثية إلى طرز شكلية مظهرية ؛ إلاّ أنّه يجب التأكيد على أنّ هذا الأثر ليس أثراً يمكن توريثه ، إذ إنّ **الصفات المكتسبة لا تورث** . كما أنّه من الصعب فصل تأثير الوراثة والبيئة عن بعضها، فالكائن الحي يرث الامكانية لظهور الصفة ، لكن البيئة ضرورية لترجمة هذه الامكانية إلى طرز شكلية . كالسيارة التي عندها القدرة أو الامكانية لأن تسير بسرعة ١٢٠كم/الساعة ، إلا أنّها لا تستطيع أن تسير بسرعة أكثر من ٣٠ كم/الساعة على أرض ترابية وعرة ؛ ولهذا إذا زُرعت بذور قوية التركيب الوراثي في أرض ضعيفة أو العكس ، بذور ضعيفة في أرض قوية خصبة ، فإنّ النباتات الناتجة لا شك تكون ضعيفة في الحالتين ، إذ لا بد من توفر وتفاعل العنصرين – قوة الوراثة وخصوبة الأرض– لإعطاء نبات قوي ذي إنتاج عال . وهكذا تكون **الوراثة والبيئة** مكملتين لبعضهما البعض ولهما أثر واضح في التشكيل العام والنهائي للكائن الحي أو الانسان سواء بسواء .

الفصل السادس عشر

الإنسان وبيئته

قبل الدخول في الحديث عن الإنسان وبيئته ، لابد من تحديد بعض المفاهيم البيئية الأساسية وهي : علم البيئة ، والبيئة ، والنظام البيئي ومكوناته .

علم البيئة Ecology

هو ذلك النمط من العلوم الذي يُعنى بدراسة **العلاقات المتبادلة** بين الكائنات الحية نفسها – بما فيها الإنسان – بعضها مع البعض الآخر هذا من جهة ؛ ومن جهة أخرى **التأثيرات المتبادلة** بين هذه الكائنات الحية والعوامل غير الحياتية الناتجة عن المحيط المادي الذي تحيا فيه . وبعبارة أخرى ، هو العلم الذي يبحث في العلاقات والتأثيرات المتبادلة بين الكائن الحي والوسط الذي يعيش فيه . ويبرز علم البيئة بوجهين اثنين هما :

الأول : علم البيئة الذاتية أو الفردية Autoecology أو الصنف بالنسبة لموطن إقامته أو عشّه البيئي Ecological nich . وفي هذا الصدد ، يبرز **مفهوم التكيف** Adaptation للكائن الحي مع البيئة أو الوسط الطبيعي الذي يعيش فيه . وعليه ، لابد للكائنات الحية أن تتكيف (وتتأقلم) مع البيئات (أو الأوساط البيئية) التي تعيش فيها وتتفاعل معها .

الثاني : علم البيئة الجماعية Synecology ويتمثل هذا العلم في إبراز عنصر مهم في

دراسة الكائنات الحية من حيث هي جماعات أو مجموعات بيئية تعيش حياة مشتركة في نظام بيئي ، وتتفاعل هذه الجماعات بشكل دائم ومستمر مع العوامل الطبيعية التي تهيمن على هذا النظام البيئي .

البيئة : Environment

بناء على ما سبق ، يصبح **مفهوم البيئة** عبارة عن مجموعة الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية (والانسان) وتؤثر في العمليات الحيوية التي تقوم بها . وبعبارة أخرى ، يعني مفهوم البيئة التفاعل بين عناصرها الحيوية وغير الحيوية؛ وهو تفاعل ينمو غالباً صوب إقرار حالة من **التوازن البيئي** بين هذه العناصر . والبيئة بالنسبة للإنسان ، هي الاطار الذي يحيا فيه الانسان مع غيره من الكائنات الحية ، يحصل منها على مقومات حياته من مأكل وملبس ومسكن ... ويمارس فيها مختلف علاقاته مع بني الإنسان ؛ وهي (البيئة) تشمل مجموعة من الكائنات الحية وغير الحية الدائمة التفاعل مع بعضها البعض مؤثرة ومتأثرة . والبيئة الانسانية في معناها الواسع ، هي **المحيط (النطاق) الحيوي** Biosphere وهو يعتبر الجزء من العالم الذي يمكن للحياة أن توجد فيه والذي تكون منه جزءاً حيوياً ؛ تلك هي منطقة سطح الأرض التي تتألف من : (أ) الغلاف الجوي . (ب) والمحيطات . (جـ) والمسطحات العليا لمساحات الأراضي في القارات والجزر والمياه النقية المرتبطة بها . (د) والأشياء الحية التي تعيش في تلك المساحات . وعليه ، فإنّ المحيط الحيوي هو مجموع كل الأنظمة البيئة للأرض، وما يحدث للمحيط الحيوي والأنظمة البيئية يحدد بدوره ما سوف يحدث للناس .

النظام البيئي : Ecosystem

وهو يشير ، كما ذُكر آنفاً ، إلى أية مساحة من الطبيعة وما تحتويه تلك المساحة من كائنات حية ومواد غير حية في تفاعلها مع بعضها البعض ومع الظروف البيئية ، وما تولده من (تبادل) بين المكونات الحية وغير الحية . فالغابة نظام بيئي ، والصحراء نظام بيئي ، والبحيرة نظام بيئي ... الخ . وقد يتسع **مفهوم النظام البيئي** ليشمل العالم كنظام بيئي متكامل ، يصبح الناس فيه جزءاً من النظام البيئي ، ولهم تأثير متزايد على العديد

من النظم البيئية ، وقد يسبب هذا التأثير بعض التغيرات الضئيلة المحلية ، كما قد يسفر عن تغيرات جذرية واسعة النطاق . وعليه ، ينظر إلى أي نظام بيئي على جانب كبير من التعقيدات وذلك لما يحتويه من كائنات حية مختلفة وعلاقات متبادلة بين هذه الكائنات الحية من جهة ، وبينها وبين الظروف البيئية من جهة أخرى . وهذا يعني فيما يعنيه ، وجود **شبكة من العلاقات المتبادلة** تعتبر أساس التنظيم الذاتي المتبادل بين الكائنات الحية (الحياة) وغير الحية (الطبيعة) . ولعل هذا التعقيد ، هو أحد العوامل الأساسية في سلامة النظم البيئية ، وبخاصة أنه يحد من أثر التغيرات البيئية ؛ أمّا إذا تتابعت التغيرات البيئية ، فإنّها تحدث خلخلة في توازن النظام البيئي واستقراره .

مما تقدم ، يتبيّن أنه كلما زاد النظام البيئي تعقيداً زادت امكانية توازنه واستقراره، وذلك لأن تعدد الأنواع المؤلفة للنظام البيئي تزيد من علاقاتها المتبادلة (المؤثرة والمتأثرة) وبالتالي تزيد من **استقرار النظام البيئي واتزانه** . ومن هنا يمكن الاستنتاج بأنّ استقرار النظام البيئي يتمثل بقدرته على العودة إلى وضعه الأول بعد أي تغير يطرأ عليه دون حدوث تغير أساسي في تكوينه . ولهذا ، فإنّ سوء **السلوك البيئي للإنسان** يؤدي إلى عدد من المشكلات البيئية المعقدة التي تواجه الإنسان وتهدد حياته في معيشته وصحته وحياته ... فإذا اقتلع الانسان غابة حرجية على سبيل المثال ، فإنّه بذلك يحطم توازنها الطبيعي مما يؤدي إلى نتائج سيئة تنعكس عليه وعلى الكائنات الحية الأخرى – صغيرها وكبيرها – التي تعيش فيها كما في انجراف التربة وانسياب مياه الأمطار وتغيرات كبيرة في درجات الحرارة والظروف الجوية بكشل عام ... الخ .

مكونات النظام البيئي :

يتكون كل نظام بيئي من المكونات التالية (ادرس الشكل ١٦–١) :

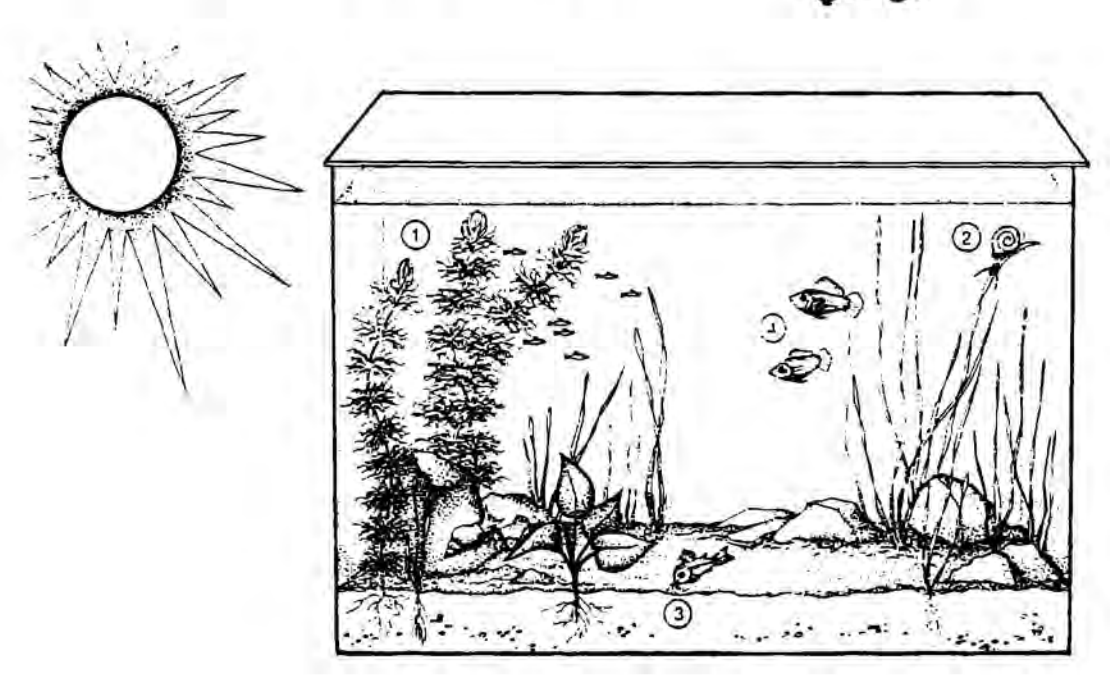
أولاً : المكونات غير الأحيائية (غير الحية) Abiotic وتشمل مجموعة العوامل الفيزيائية (الطبيعية) المتعلقة بالوسط البيئي ، وتكون بمثابة المخزن أو المستودع الذي تبني منه الكائنات الحية أجسامها . وتضم العوامل التالية :

أ – **العوامل الفيزيائية** Physical Factors وتضم عوامل المناخ كالضوء (الشمس) ودرجة الحرارة والرطوبة (الماء) والرياح والتربة والموقع من

سطح البحر وخطوط العرض .

ب - **العوامل الكيميائية** ، وتضم عوامل : الأُكسجين والنيتروجين وثاني أُكسيد الكربون ودرجة الحموضة والقواعد والأُملاح في التربة .

ثانياً : المكونات الأحيائية (الحية) Biotic ، وتشمل مجموعة الكائنات الحية التي تعيش في وسط ما والتفاعلات المتبادلة التي تحدث بينها . فلكل كائن حي بيئة معينة مرهونة بوجود كائنات حية أخرى . وتقسم **الكائنات الحية داخل النظام البيئي** إلى ما يلي :



الشكل (١٦-١) : نظام بيئي (مربى مائي) متوازن

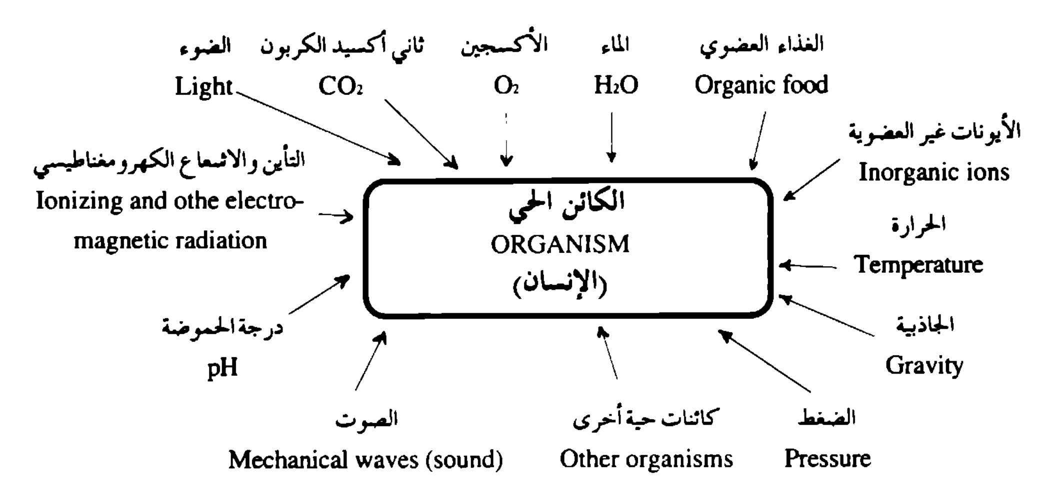
أ - **كائنات حية منتجة** Producers وهي الكائنات الحية التي تستطيع تكوين غذائها من مواد غير عضوية بسيطة كالكائنات الحية ذاتية التغذية التي تتمثل في النباتات الخضراء والطحالب وبعض الكائنات الحية الأخرى (كالعوالق

وبعض أنواع البكتيريا) التي تحتوي على مادة الكلوروفيل والتي لها القدرة على القيام بعملية التمثيل الضوئي وتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية ، وتسمى هذه الكائنات الحية بالمنتجات Producers .

ب - **كائنات حية مستهلكة** Consumers وهي كائنات حية (غير ذاتية التغذية)، أي أنها تعيش وتستهلك كائنات حية أخرى في غذائها كالحيوانات (والانسان) نفسه، ويطلق على هذه الكائنات الحية بالمستهلكات Consumers.

جـ - **كائنات حية مفككة** Decomposers وتقوم هذه الكائنات الحية بدور تفكيك بقايا الكائنات الحية العضوية (الحيوانية والنباتية) وتحولها إلى مركبات بسيطة بحيث يمكن للنباتات (المنتجات) الاستفادة منها في تغذيتها ومعيشتها، ويُطلق على هذه الكائنات الحية (بالمفككات). وللمفككات (أو المحلّلات) أهمية أساسية في كل نظام بيئي حيث إنّها تسمح باعادة استعمال المواد الغذائية بشكل دائم فتؤمن بذلك استمرار النظام البيئي واستقراره .

والشكل (١٦-٢) يبين العوامل البيئية (الحية وغير الحيّة) التي يتعرض لها الكائن الحي (والانسان) يؤثر بها ويتأثر بها في مسيرة الحياة .



الشكل (١٦-٢) : العوامل الحيّة وغير الحيّة التي يتعرض لها الإنسان

هذا ، وتتفاعل مكونات النظام البيئي (الحية وغير الحية) جميعها بعضها مع بعض لتشكل نظاماً بيئياً متوازناً ومستقراً . فعلى سبيل المثال ، تقوم النباتات (المنتجات) بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية ، فيدخل بذلك (الكربون) والطاقة في حلقة الحياة . ثم تنتقل الطاقة التي كونتها النباتات في جسمها إلى الإنسان (والحيوان) عن طريق التغذية (المستهلكات) عليها (أو على حيوانات تغذت على النباتات). كما تقوم الكائنات الحية المفككة (المفككات) بتفكيك بقايا الكائنات الحية وجثثها وتحولها إلى مواد بسيطة تستعملها (النباتات) في غذائها وتكوين جسمها . وهكذا **فإنّ التفاعل بين مكونات النظم البيئية** عملية مستمرة تؤدي في النهاية إلى احتفاظ البيئة بتوازنها ما لم يطرأ عليها أي تغير (طبيعي) أو (حيوي) يؤدي إلى الإخلال بهذا التوازن . وإذا ما اختل توازن النظام البيئي فإنّه يتطلب فترة زمنية طويلة (أو قصيرة حسب الأثر الذي أحدث الاختلال) للوصلول إلى توازن جديد . وفيما يلي **بعض العوامل** المسبّبة لاختلال توازن النظام البيئي بوجه عام :

أ - تغير الظروف الطبيعية في النظام البيئي ، كأن تسبب العوامل الطبيعية كالبراكين والزلازل والعواصف الثلجية المختلفة (أو الكوارث) اختفاء بعض الكائنات الحية (المنتجات والمستهلكات) في البيئة .

ب - إدخال كائن حي جديد في النظام البيئي .

جـ - القضاء على بعض أحياء البيئة بطريقة أو أخرى .

د - الانسان ، سوء سلوك الإنسان البيئي يؤدي إلى اختلال توازن البيئة كما في اقتلاع الأشجار وتحطيم الأراضي الزراعية وتجفيف البحيرات وردم البرك... واستخدام المبيدات الحشرية .

وفيما يلي شرح مختصر **لمكونات النظام البيئي غير الأحيائية والأحيائية .**

العوامل غير الأحيائية - الطبيعية Abiotic (physical) Factors

وتظم ، كما ذكر سابقاً ، العوامل التالية :

أولاً : الضوء Light

الضوء ، والطاقة الشمسية بشكل خاص ، هي المصدر الأساسي للحياة . وبدون

الضوء تصبح الحياة على كوكب الأرض مستحيلة . **وتتمثل أهمية الضوء في ما يلي :**

أ - قيام النباتات والطحالب بعملية التمثيل الضوئي (ذاتية التغذية) التي تعتبر الحلقة الأولى في السلسلة الغذائية .

ب - أهمية الضوء ودوره في انتاج (الكلورفيل) والتأثير على عدد البلاستيدات ومواضعها .

جـ - التأثير على تركيب (تكيف وتأقلم) النباتات وبخاصة أوراقها من حيث الحجم والسمك وحركة الثغور فيها .

د - الرؤية والابصار بواسطة أعضاء الحس في الانسان (العين) والحيوانات المبصرة الأخرى .

هـ - يؤثر طول النهار في حياة وسلوك الحيوانات والنباتات والكائنات الحية الأخرى ، فهناك نباتات تحتاج إلى نهار طويل أو نهار قصير .

و - تؤثر شدة الضوء في معدّل التمثيل الضوئي ، وتوزيع النباتات في النظم البيئية ، وفي سلوك الحيوانات وتكاثرها وهجرتها السنوية .

ثانياً : درجة الحرارة Temperature

تتمثل أهمية الحرارة للكائنات الحية فيما يلي :

أ - تؤثر الحرارة في نشاط الكائن الحي وفسيولوجيته ، وتتنوع تبعاً لذلك الحيوانات والنباتات في النظم البيئية المختلفة (المائية والصحراوية واليابسة والقطبية ... الخ) .

ب - تتلف الأنزيمات في درجات الحرارة المرتفعة (حوالي خمسين درجة مئوية) .

جـ - تتكيف الكائنات الحية تبعاً لدرجات الحرارة كما في : البيات الشتوي Hi-bernation والبيات الصيفي Aestivation وهجرة الحيوانات (كالطيور والأسماك وبعض الثدييات) إلى مكان أنسب ، وفترة الراحة والسكون عند

النباتات ... الخ .

ثالثاً : الرطوبة : Humidity

الرطوبة (كالحرارة) عامل بيئي مهم في حياة الإنسان والكائنات الحية الأُخرى كما يتضح فيما يلي :

أ - هناك علاقة واضحة بين نسبة الماء في جسم الإنسان (والكائن الحي) والمحتوى المائي للوسط الذي يعيش فيه .

ب - تؤثر الرطوبة في الحيوانات البرية والأرضية وفي سلوكها وتنقلاتها ونشاطاتها الحيوية .

جـ - تؤثر في معدّل فقدان النباتات للماء (النتح) أو فقدان الحيوانات للماء (التبخر) وبالتالي تؤثر في دورة الماء في الطبيعة .

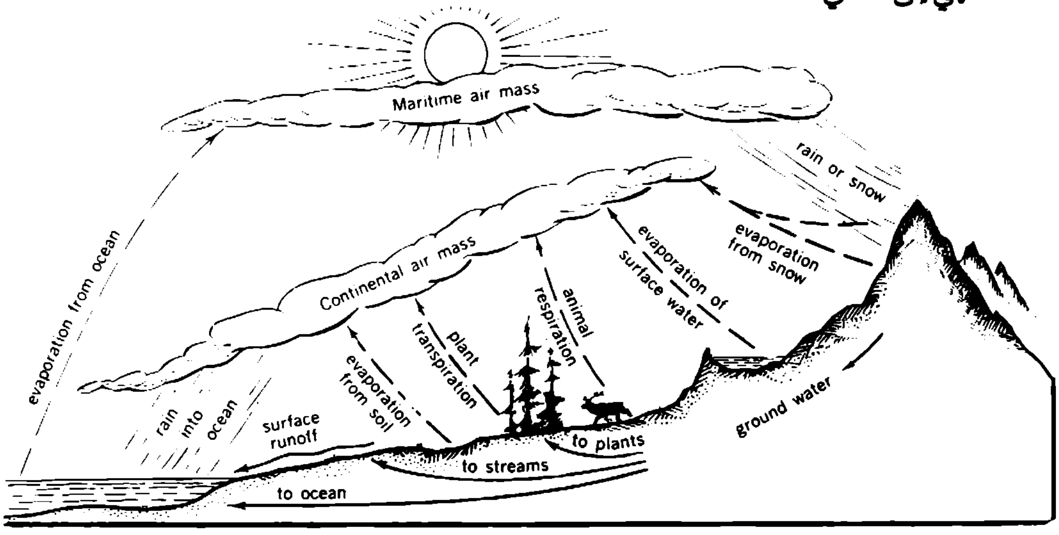
د - تؤثر في توزيع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية (وغيرها) في النظم البيئية المختلفة .

هـ - تتكيف الحيوانات والنباتات في البيئات المائية المختلفة (الجافة والصحراوية ومتوسطة الرطوبة والبيئة المائية) في ثلاثة أنماط تكيفية تتمثل في : التكيف في الشكل الخارجي والتكيف الفسيولوجي والتكيف السلوكي . وعليه ، تؤثر الرطوبة على نشاط وسلوك الكائنات الحية وفقاً لكمية الرطوبة الجوية .

رابعاً : الماء Wate

يرتبط الماء بعامل الرطوبة ويتداخل معها بشكل رئيسي . وقد تحدثنا عن الماء في هذا الكتاب (الفصل الثاني والفصل الثاني عشر) بشيء من التفصيل - وجعلنا من الماء كل شيء حي . وفي الحياة وفي الطبيعة ، يوجد تبادل مستمر للماء بين : الهواء والأرض والبحر ، وبين الكائنات الحية وبيئاتها . وللماء تأثير جوهري ورئيسي على حياة جميع الكائنات الحية في النظم البيئية المختلفة . والشكل (١٦-٣) يبين ملخصاً لدورة الماء في الطبيعة والكائنات الحية . ويتضح من هذه الدورة أنّ (الأمطار) هي المصدر الرئيسي للماء . والسحب التي تسقط الأمطار تتكون من : بخار الماء الذي

يصعد من البخار والبحيرات والمحيطات وغيرها الموجودة على سطح الأرض بفعل حرارة الشمس (التبخر) ، ومن تنفس الأحياء . والمياه التي تسقط على سطح الأرض تنتهي إلى ما يلي :



الشكل (١٦-٣) : دورة الماء

أ - إمّا أن تتبخر ثانية إلى الهواء الجوي .

ب - أو تتخلل طبقات التربة المسامية حتى تصل طبقة غير مسامية فتتوقف عندها (ماء تحت سطح الأرض) .

جـ - أو ينساب على سطح الأرض مكوناً الأنهار والبحيرات أو ما يعرف بالماء السطحي .

وبالنظر إلى الشكل (١٦-٣) يتبين لنا أنّ هناك دورتين للماء هما :

الأولى : دورة قصيرة Short Cycle وتتمثل في تبخر الماء من مياه المحيطات والمياه السطحية ، ثم تكثفه وعودته على هيئة أمطار إلى الأرض .

الثانية : دورة طويلة Long Cycle وتتمثل هذا الدورة من خلال انتقال الماء بين

الكائنات الحية سواء في عمليات التنفس الهوائي (وتبخر الماء من الحيوانات والنباتات) أو في عملية التمثيل الضوئي أو انتقال الماء من خلال السلاسل الغذائية المختلفة .

وبالنسبة **للبيئات المائية وأثرها على الكائنات الحية** ، توجد بيئات مختلفة للماء يمكن تصنيفها إلى ما يلي :

١ - **البيئة المائية** ، وفيها تتكيف الكائنات الحية الحيوانية (الأسماك ، وبعض الثدييات ، والضفادع ، والزواحف المائية ...) والنباتية بنوعيها المغمورة في الماء والطافية ، تتكيف بحيث تتناسب مع ظروف البيئة المائية .

٢ - **البيئة الجافة أو الصحراوية** ، حيث تتكيف الحيوانات والنباتات في شكلها الخارجي والفسيولوجي والسلوكي لتعيش في بيئة قاسية تتمثل في : قلة المياه وارتفاع درجة الحرارة وشح الغذاء .

٣ - **البيئة المتوسطة الجفاف** ، وهي بيئة وسطية تقع بين البيئة المائية والجافة وبالتالي يغلب على كائناتها الحية النباتات الحقلية والحيوانات الأخرى غير المائية والجافة .

خامساً : الرياح Winds

تؤثر الرياح تأثيراً كبيراً على رطوبة الجو ، **وتتضح أهميتها في التأثيرات** التالية :

أ - تؤثر في عملية النتح (فقدان الماء) في النباتات وتبخر الماء سواء من البحار والمحيطات أو من أجسام الكائنات الحية .

ب - تساعد في عمليات تلقيح النباتات وبخاصة نقل حبوب اللقاح بين النباتات لاتمام عملية التلقيح والاخصاب (التكاثر) وإنتاج البذور .

جـ - تؤثر على تركيب أنسجة النباتات .

د - تساعد على نقل البذور والثمار لتأمين توزيع تكاثر النباتات بدرجة أفضل وأكثر اتساعاً .

هـ - تعمل على توزيع الكائنات الحية الحيوانية (كانتشار الجراد وهجرة الطيور) والنباتية (نقل الثمار والبذور) والفطرية (نقل الجراثيم) لأغراض عمليات التكاثر .

و - تسبب (الرياح) أضراراً ميكانيكية للنباتات سواء تكسيرها أو اقتلاعها وفقدان بعض الحيوانات .

ز - تسبب انجراف التربة وبالتالي قلة خصوبتها وانتاجها الزراعي .

سادساً : التربة Soil

توجد أنواع مختلفة من الأتربة ؛ وأكثر أنواع الأتربة الرئيسية وجوداً هي : التربة الطينية والرملية والغرينية والتوفيقات المختلفة فيما بينها . وتظهر **أهمية التربة** فيما يلي :

أ - بيئة مناسبة لحياة الكائنات الحية ومعيشتها .

ب - وسط مناسب لتثبيت النباتات (الراقية) عن طريق مسك الجذور .

جـ - تحفظ الماء وتزود النباتات فيه .

د - تزود النباتات بالأملاح المعدنية لأغراض (مع الماء) التركيب الضوئي .

هـ - تؤثر في تكوين صفات النباتات تبعاً لنوع التربة ونوعية النباتات النامية أو المزروعة فيها ، ودرجة حرارتها وحموضتها والماء المتوافر فيها .

و - يصعب على النباتات النمو في الأتربة المالحة نظراً لزيادة تركيز محلول التربة مما يؤدي إلى سحب الماء من النبات وذبوله . إلاّ أنّ هناك نباتات خاصة تسمى (النباتات المالحة) يمكنها النمو في الأتربة المالحة وذلك من خلال تكيفات معينة تتمثل في زيادة تركيز عصيرها الخلوي .

سابعاً : العوامل الموقعية يمكن تمييز عاملين هما :

أ - **الارتفاع أو الإنخفاض عن سطح البحر** Altitude تتأثر الكائنات الحية باختلاف الإرتفاع أو الإنخفاض عن سطح البحر ، وذلك من خلال اختلاف عوامل طبيعية (لا إحيائية) أخرى ترتبط بالموقع كما في اختلاف الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والأكسجين والتربة وكمية الرطوبة ومياه الأمطار واختلاف البيئات (وديان ومناطق سفوح جبلية والمناطق

الجبلية) ومدى تعرضها لأشعة الشمس وشدة الإضاءة .

ب - **خطوط العرض** Latitude تتمثل أثر خطوط العرض على الكائنات الحية في تشكل مواطن الأرض اليابسة تبعاً لبعدها عن خط الإستواء حيث تزود اليابسة الكائنات الحية بمواطن يتكون من التربة والهواء ، وهي تتأثر بدرجات الحرارة والرطوبة وكمية الأمطار . هذا ، وتقسم المناطق الحيوية على اليابسة - تبعاً لخطوط العرض - إلى مناطق عديدة منها : المناطق الصحراوية، والمناطق القطبية ، والمناطق العشبية ، ومناطق الغابات المتساقطة الأوراق . وتؤثر هذه المناطق بدورها على توزيع الكائنات الحية وانتشارها وعلاقاتها بعضها ببعض ؛ وكذلك تؤثر في التكيفات الخارجية (الشكلية) والفسيولوجية والسلوكية لهذه الكائنات سواء كانت حيوانية (بما فيها الإنسان) أو نباتية .

العوامل غير الأحيائية - الكيميائية :Abiotic (Chemical) Factos وتشمل عوامل الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون (بما فيها دورات التفكك البيئي) ودرجة الحموضة والقواعد والأملاح في التربة .

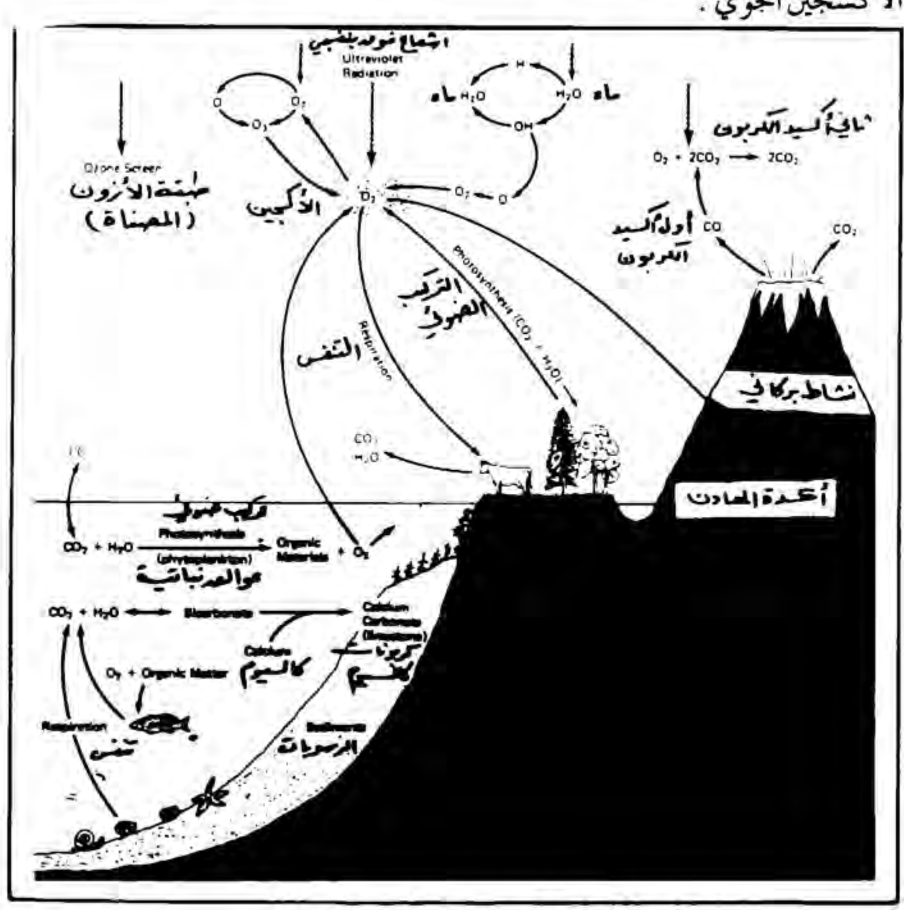
أولاً : الأكسجين : Oxygen

الأكسجين ضروري للإنسان ولبقية الكائنات الحية الأخرى ، إذ لا يستطيع الإنسان الحياة بدون الأكسجين أكثر من ٣-٥ دقائق . كما أنّ الأكسجين ضروري لحرق (أكسدة) الأغذية العضوية داخل الجسم وتوليد الطاقة اللازمة للقيام بالنشاطات الحيوية المختلفة . وهو (الأكسجين) مكون أساسي في الأغذية العضوية الكربوهيدراتية والدهون والبروتينات .

يوجد الأكسجين في الجو كجزيئات أكسجين O2 وبنسبة تقارب (٢٠٪)؛ وكذلك يوجد في بداثلة في الجو مع بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأوزون O3 (الشكل ١٦-٤) . والأوزون يؤدي دوراً مهماً في حجب كمية كبيرة من أشعة الشمس فوق البنفسجية من الوصول إلى الأرض .

يتبين مما سبق ، أنّ المخزن الرئيسي للأكسجين هو الغلاف الجوي ومياه المحيطات. ويتم الحفاظ على الأكسجين بشكل رئيسي من خلال عملية التركيب الضوئي للنباتات والطحالب حيث يتصاعد (الأكسجين) كنواتج ثانوية في هذه العملية ؛ ويكون الأكسجين المتصاعد مصدره الماء .

ولكي تقوم النباتات والطحالب بعملية التركيب الضوئي لا بد من توافر ثاني أكسيد الكربون ، وبالتالي فإنّ العلاقة واضحة بين الأُكسجين وبديلة – ثاني أكسيد الكربون اللذين يؤثران بشكل مباشر على الحياة المائية واليابسة . وبالنسبة للإنسان ، وعندما يتناقص الضغط الجوي بزيادة الارتفاع وبالتالي تناقص الضغط الجزئي للأكسجين ، هذا التناقص في الأُكسجين يؤثر في دماغ الإنسان بسبب نقص الأُكسجين في الجسم أو ما يعرف بالهيبوكسيا . وقد يصاب الإنسان بالصداع وفقدان الشهية والأرق وفقدان الوعي والتراخي والكسل والنعاس وأحياناً التقيؤ . ويستطيع الجسم أن يتكيف فسيولوجياً بزيادة عدد كرات الدم الحمراء لزيادة فاعليتها بمسك الأُكسجين الجوي .



الشكل (١٦–٤) : دورة الأكسجين

ثانياً : ثاني أكسيد الكربون CO2

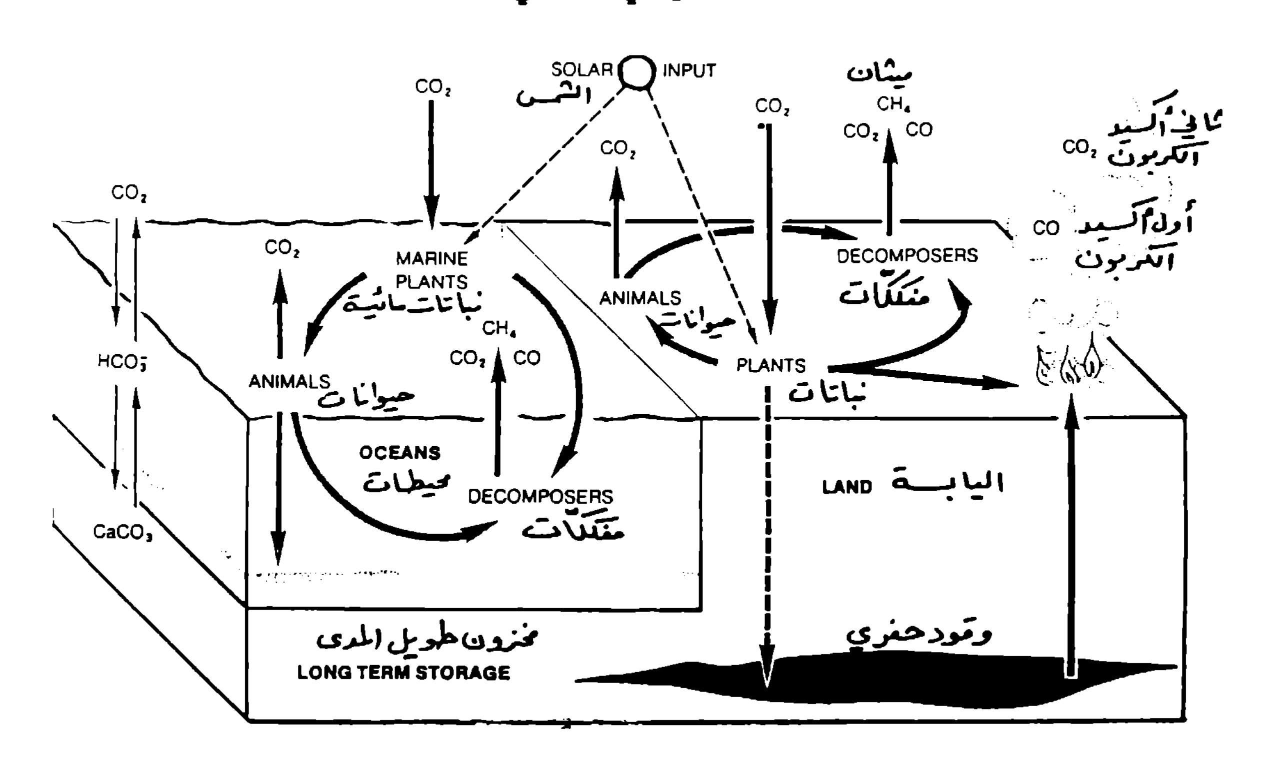
يوجد ثاني أكسيد الكربون في الجو بنسبة ضئيلة جداً تقدر بحوالي (٠٣ر٠٪). ويدخل ثاني أكسيد الكربون الهواء الجوي من خلال دورة الكربون (الشكل ١٦-٥) في العمليات الرئيسية التالية :

أ - تنفس الكائنات الحية سواء المنتجة منها أو المستهلكة .

ب - عمليات الإحتراق التي تتم في حياة الإنسان اليومية .

جـ - مختلف الصناعات التي يحدث فيها عمليات احتراق الوقود .

د - عمليات التخمر والتحليل التي تحدث في الطبيعة .



الشكل (١٦-٥) : دورة الكربون

هذا وتتضح أهمية ثاني أكسيد الكربون في العمليات الحياتية التالية :

١ - عامل محدد وضروري لقيام النباتات والطحالب الخضراء بعملية التركيب الضوئي لتثبيت الماء وثاني أكسيد الكربون بفضل الطاقة الشمسية ، إلى

كيميائية مخزنة في المواد العضوية الكربوهيدراتية (السكرية) .

٢ – تظهر أهمية ثاني أكسيد الكربون للكائنات الحية المائية وبخاصة البلانكتون – العوالق النباتية Plankton للقيام بعملية التركيب الضوئي من جهة ، وتأمين غاز الأكسجين (المتصاعد من العملية) وذوبانه في الماء لتنفس الأحياء المائية من جهة أخرى .

٣ – يؤدي غاز ثاني أكسيد الكربون إلى تكوين كربونات الكالسيوم التي تستخدم في بناء أصداف الحيوانات المائية (كالرخويات والمرجانيات) . لهذا عند موت هذه الكائنات الحية ، تعود وتترسب كربونات الكالسيوم في قاع المياه والبحار .

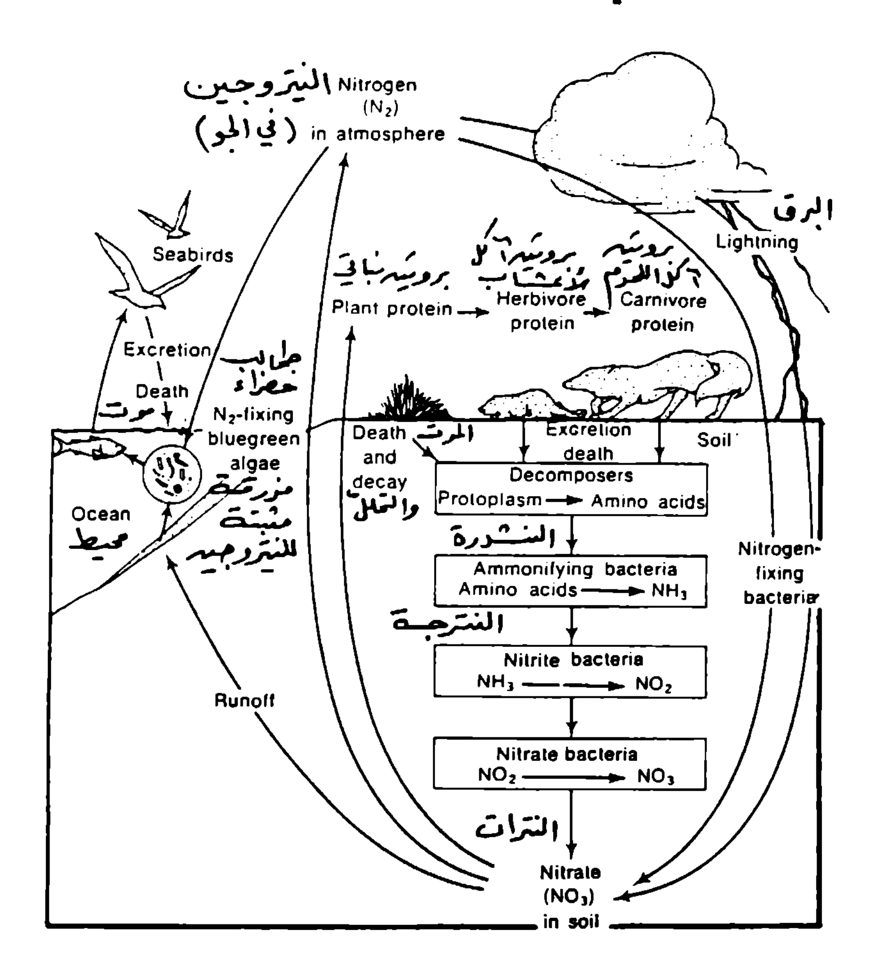
٤ – زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في المياه ، يؤدي إلى وسط حامضي قد يؤدي بدوره إلى مضايقة الكائنات الحية وربما موتها .

وتتم المحافظة على ثاني أكسيد الكربون كما ذكر ، من خلال التنفس الخلوي للكائنات الحية . وكذلك من خلال العمليات غير الحيوية التي تحدث في الطبيعة كما في حدوث الانفجارات البركانية وحرق الأخشاب والأشجار واحتراق أنواع الوقود المختزن في باطن الأرض – كالوقود الحفري Fossil Fuels . ولهذا، يتوقع أن تزداد نسبة ثاني أكسيد الكربون في المناطق والمدن الصناعية وتقل في الغابات والمناطق الحرجية . وفي **دورة الكربون** ، يلاحظ أنّ ثاني أكسيد الكربون هو مركب وسطي في هذه الدورة ، وأنّ أول أكسيد الكربون مهم في تكوين ثاني أكسيد الكربون ودورته في الطبيعة والكائنات الحية . كما يمكن ملاحظة أنّ الكربون العضوي الموجود في المستويات الغذائية لسلاسل الغذاء ، يعاني من عمليات الهضم والانتقال وإعادة التركيب التي تحدث داخل أجسام الكائنات الحية . وكذلك فإنّ التفاعل المتبادل بين ثاني أكسيد الكربون الجوي والموجود في المياه والمحيطات له أهمية كبيرة في دورة الكربون في الطبيعة والكائنات الحية .

ثالثاً : النيتروجين Nitrogen

يشكل النيتروجين نسبة كبيرة من الهواء الجوي تُقدّر بحوالي (٧٩٪) . وهو غاز خامل يضفي جواً خاملاً قليل التفاعل في المحيط الجوي . كما يخفف من نسبة تركيز الأكسجين في الجو . فالإنسان لا يستطيع أن يعيش في جو من أكسجين خالص؛ كذلك استنشاق هواء به نسبة نيتروجين عالية تضر في الجسم . ويوجد النيتروجين في الجو على صور متعددة منها : (N2O , NO, N2 NH3) . إلاّ أنّه في هذه الصورة يكاد لا يمثل فائدة كبيرة لغالبية الكائنات الحية على الرغم أنّه مكون أساسي في

بروتينات الكائنات الحية وأجسامها ، وبالتالي يبلغ مرتبة عالية مساوية من حيث الأهمية لمرتبة الأكسجين والكربون والهيدروجين . ولكي يصبح جزءاً من الكائنات الحية ، تقوم النباتات بامتصاصه ليصبح بالتالي جزءاً لا يتجزأ من جزيئات الأحماض النووية وبروتينات جسم النبات . ولكي يستفيد النبات من نيتروجين الهواء الجوي ، لابد من **تثبيت النيتروجين الجوي** في التربة ، ويتم ذلك من خلال الكائنات الحية الدقيقة وبخاصة البكتيريا . ويوضح الشكل (١٦-٦) الطرق الرئيسية والعمليات المختلفة التي تتضمنها دورة النيتروجين في الطبيعة والكائنات الحية .



الشكل (١٦-٦) : دورة النيتروجين

يلاحظ من دورة النيتروجين أنّ أهم هذه العمليات هي : (أ) تثبيت النيتروجين الجوي (ب) والنترجة (جـ) والامتصاص (د) والنشدرة . وتتلخص عملية تثبيت النيتروجين بوجه عام في المعادلة التالية :

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2\,NH_3$$

والأمونيا هي الناتج النهائي لمرحلة التثبيت والبداية لعملية امتصاص النيتروجين ودخوله في المجموعات الأمينية والأحماض الأمينية والنووية وبروتينات الجسم . كما يتم تكوين الأمونيا من خلال عملية النشدرة (Ammonifying bacteria) التي تستخدم فيها الكائنات الميتة وفضلات الحيوانات ، حيث تقوم البكتيريا بعملها فتنتج الأمونيا . وفي حالة استخدام حامض الجلايسين الأميني مثلاً ، يمكن تلخيص عملية النشدرة بما يلي :

$$2CH_2\,NH_2\,COOH + 3O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 2H_20 + 2NH_3$$

أو باختصار : الأحماض الأمينية $\xrightarrow{\text{بكتيريا النشدرة}}$ NH_3

إلاّ أنّ غالبية الكائنات الحية لا تستطيع استخدام الأمونيا مباشرة في عملية تحويل النيتروجين إلى بروتينات وأحماض نووية في الجسم ، بل يتم ذلك من خلال ما يعرف بعملية النترجة Nitrification التي تتأكسد فيها الأمونيا إلى نيتريت (NO_2) ثم إلى نترات (NO_3) بفعل بكتيريا خاصة وفق المعادلتين المختصرتين التاليتين (انظر الشكل ١٥-٦) :

بكتيريا النيتريت

$$NH_3 \longrightarrow NO_2$$

Nitrite Bacteria

بكتيريا النيترات

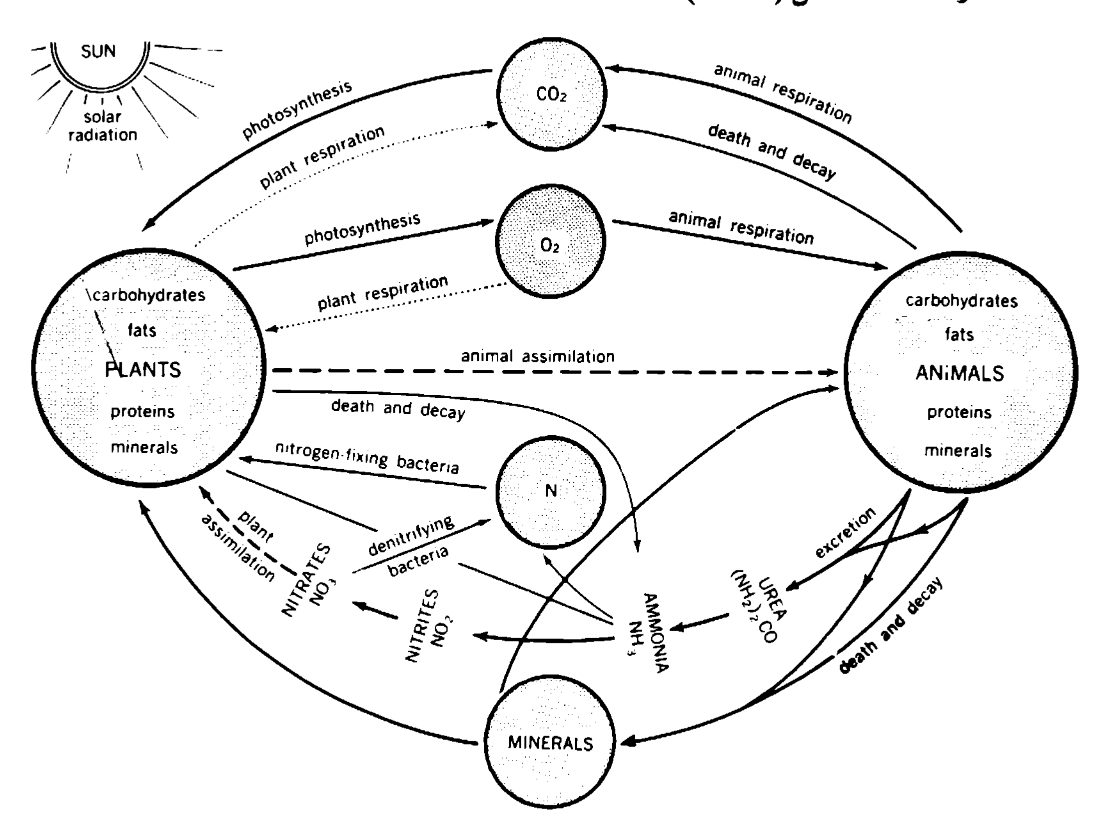
$$NO_2 \longrightarrow NO_3$$

Nirate Bacteria

أما إعادة النيتروجين إلى الهواء الجوي فيتم من خلال ما يسمى بالزنترة – إزالة النتيروجين Denitrification حيث تقوم بذلك مختلف أنواع البكتيريا والفطريات وتتم في ظروف لا هوائية أو لا هوائية جزئياً . هذا ومما يجدر ذكره ، بأنّ النيتروجين

الجوي يمكن تثبيته وتحويله إلى نترات NO3 بفعل البكتيريا وبفعل الطحالب الخضراء - المزرقة وبالتالي زيادة خصوبة التربة والانتاج الزراعي . والنباتات البقولية (كالفول والعدس والحمص ... الخ) تحتوي جذورها على عقد بكتيريا تعمل على تثبيت النيتروجين في التربة ؛ ومن هنا ينصح المزارعون باتباع دورات زراعية تتضمن بعض النباتات البقولية من حين إلى آخر .

بناء على ما تقدم ، يتبيّن لنا وجود **تداخل أو تشابك بين دورات** كل من : **الكربون والاكسجين والنيتروجين** ... والشكل (١٦-٧) يوضح باختصار تشابك دورات ثاني أكسيد الكربون والاكسجين والنيتروجين والأملاح المعدنية . حاول دراسة هذا الشكل (١٦-٧) .



الشكل (١٦-٧) : العوامل المتداخلة (المتبادلة)
بين دورات كل من ثاني اكسيد الكربون والأكسجين والنتيروجين والأملاح المعدنية

العوامل الحيوية Biotic Factors

للعوامل الحيوية دور كبير في اتزان النظم البيئية واستقرارها . وتتخذ العلاقات المتبادلة والتفاعلات بين الكائنات الحية في الأنظمة البيئية أشكالاً وصوراً مختلفة من أبرزها ما يلي :

أولاً : التجمع Gregariousness

معظم الكائنات الحية تعيش معيشة انفرادية . إلاّ أنّ هناك أنواعاً أخرى تعيش في مجموعات أو في أفواج (الأسماك) أو في أسراب (الطيور) أو في قطعان (الماشية)، وذوات الحوافر من الثدييات التي تكون منفصلة تركيبياً إلاّ أنّها تكون متكاملة سلوكياً بوجه عام. وهناك نوع آخر من التجمع المنظم يعرف بالمستعمرات ، حيث يحدث التنظيم الإجتماعي عندما تعيش أفراد كثيرة من نوع واحد معاً بشكل متكامل ، بحيث يعمل كل فرد بطريقة خاصة للصالح العام كما في الحشرات الإجتماعية وعلى رأسها النحل والنمل . وتتجمع الحيوانات لأهداف كثيرة من بينها : (أ) الحصول على الغذاء (ب) حماية نفسها من الأعداء (جـ) للتكاثر (د) للتدفئة وحفظ درجة الحرارة بشكل مناسب .

ثانياً : التطفل Parasitism

وهو علاقة بين كائنين حيّين ، يعيش أحدهما (المتطفّل أو الطفيل) على الآخر (العائل) ويسبب له بعض الأضرار التي قد تتمثل في التغذية عليه أو إتلافه أو تسميمه بالمواد التي يفرزها المتطفل . **والتطفل نوعان** :

أ – تطفل اختياري ، حيث يستطيع المتطفل أن يعيش في غياب العائل ويحصل على غذائه من مواد عضوية غير حية .

ب – تطفل إجباري ، حيث لا يستطيع المتطفل الحياة في غياب العائل كالفيروسات والأصداء التي تصيب المحاصيل الحقلية والخضرية .

ثالثاً : التكافل Symbiosis

توجد صورتان للتكافل بين الكائنات الحية هما :

أ – **التقايض** Mutualism في التقايض – أو تبادل المنفعة ، يستفيد الطرفان من بعضهما البعض ، ولا يستطيع أحدهما أن يعيش بدون الآخر كما هو حاصل في الأشنات التي تعتبر كائنات حية متكافلة تتركب من فطر وطحلب وتتقايض فيما بينها . فالطحلب من خلال التركيب الضوئي وبناء غذائه يوفر الغذاء للفطر؛ في حين يمد الفطر الطحلب بالماء والعناصر المعدنية الأساسية الأُخرى ، وربما حمايته أيضاً من الجفاف . وكذلك ، العلاقة التكافلية بين النمل الأبيض وبعض الأوليات السوطية الموجودة في أمعائها . أو العلاقة التقايضية بين العقد البكتيرية (البكتيريا) الموجودة على جذور النباتات البقولية وبين النباتات البقولية نفسها .

ب – **المعايشة** Commensalism وهي علاقة تعايشية يتعايش فيها نوعان مختلفان من الكائنات الحية بطريقة ما تكفل الفائدة والمنفعة لأحدهما ، بينما لا يستفيد منها الطرف الآخر ولا يلحق به الضرر . وتكون المعيشة مع أو على أو داخل نوع آخر دون ضرر أو فائدة للنوع الثاني . وقد يكون الإرتباط بين الطرفين دائماً أو مؤقتاً ، كالأوليات التي تعيش في أمعاء الإنسان ، والسرطانات التي تعيش بانتظام في أنابيب بعض الديدان الحلقية ، والسرطانات التي تقيم في التجاويف البرنسية لمحار البحر ؛ أو يكون مؤقتاً كسمكة الرمورا التي تلتصق بواسطة ممص ظهري بأسماك أخرى لتضمن الانتقال من مكان لآخر .

رابعاً : الافتراس predation

الحيوان الذي يفترس حيواناً أخر يسمى بالمفترس ، في حين يسمى الحيوان المأكول نفسه بالفريسة . ويمكن ملاحظة علاقة الافتراس كما يدل الإسم ، على افتراس كائنات حية لكائنات حية أخرى والتغذية عليها . ويمكن ملاحظة علاقة الإفتراس بين أنواع كثيرة من الكائنات الحية الحيوانية والنباتية . هذا ، ويختلف الافتراس عن التطفل في أنّ المفترس يقضي على فريسته فوراً ، ولكن الطفيل يتغذى على عائلة الحي بصفة مستمرة عادة .

خامساً : التنافس Competition

يقصد بالتنافس التزاحم والتضارب اللذين يحدثان بين الكائنات الحية على مختلف أنواعها وأحجامها ... سواء داخل النوع الواحد أو بين الأنواع المختلفة . وتتخذ العلاقة التنافسية عدة أشكال وأهداف تتعلق بالتنافس على : أ - الغذاء ب - والمأوى والمكان جـ - والماء د - والتكاثر - والجمع بين بين الذكر والأنثى أو التنافس على الأنثى بصورة عامة هـ - والضوء (في النباتات). ويكون التنافس شديداً بين أفراد النوع الواحد لأنّ لها نفس متطلبات الحياة من غذاء ومأوى وأماكن العيش والتكاثر ... الخ . ولهذا التنافس فائدة في تنظيم أعداد أفراد النوع الواحد وبالتالي اتزان النظم البيئية واستقرارها .

سادساً : الرميّة (الترمم) Saprophytism

في العلاقة الرميّة ، تحصل الكائنات الحية على غذائها عن طريق المعيشة الرميّة على أجسام الحيوانات والنباتات الميتة . ولهذا نجد هذا النوع من الكائنات الحية ، له القدرة على تحليل المواد الغذائية العضوية الميتة وذلك بمساعدة أنزيماتها الهاضمة ثم تقوم بامتصاصها كما في البكتيريا والفطريات . ومن خلال هذه العلاقة ، يتخلص الإنسان من المواد العضوية الميتة وازالة الفضلات وزيادة خصوبة التربة ... وإلاّ لضاقت الأرض علينا بما رحبت .

السلسلةالغذائية Food Chain

يتبيّن مما تقدم ، أنّ العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية غالباً ما تكون علاقة غذاء وتغذية ، وبالتالي هي في الواقع نظام لانتقال الطاقة . فعلى اليابسة ، يلاحظ أنّ الجنادب (من الحشرات) تتغذى على الأعشاب ، والضفادع (من البرمائيات) تتغذى على الحشرات ومنها الجنادب ، والأفاعي (من الزواحف) تتغذى على بعض الحيوانات ومنها الضفادع ، والصقور (من الطيور) تتغذى على الزواحف ومنها الأفاعي ، والصقور وهي الموجودة في قمة السلسلة الغذائية تُصاب بالأمراض والطفيليات مما يؤدي بها إلى الموت ثم تحلّلها بفعل المفككّات إلى عناصرها الأولية التي تعود إلى التربة لكي تستفيد منها النباتات (المنتجات) مرة أخرى وهكذا دواليك . وفي البيئة

المائية ، تعيش بعض القشريات على الطحالب المائية وحيدة الخلية ، وتتغذى حوريات الدراجون على هذا القشريات ، وتتغذى الأسماك على هذه الحوريات ، ويتغذى العقاب على الأسماك ؛ ويصاب العقاب بالمرض أو الطفيليات ويموت ، ويتم تحلله بفعل البكتيريا والفطريات إلى عناصره الأولية لتعود ثانية إلى النظام البيئي وتستفيد منها المنتجات مرة أخرى . وعليه ، يمكن تلخيص **السلسلة الغذائية في البيئة اليابسة** – في المثال السابق – كما يلي :

أعشاب ← حشرات ← ضفادع ← صقور ← بكتيريا وفطريات التحلل.

وفي البيئة المائية يمكن تلخيص السلسلة الغذائية في المثال السابق بما يلي :

طحالب وحيدة الخلية ← قشريات ← حوريات الدراجون ← العقاب ← بكتيريا وفطريات التحلل .

بناء على ما سبق حول السلاسل الغذائية ، يصنف العلماء الكائنات الحية إلي **خمسة مستويات غذائية هي** :

الأول : **المنتجات** Producers وتضم النباتات والطحالب بشكل رئيسي التي لها القدرة على إنتاج غذائها بنفسها من خلال عملية التركيب الضوئي . ولهذا ، يجب البدء بأية سلسلة غذائية بالحلقة الأولى في السلسلة الغذائية وهي الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophs .

الثاني : **المستهلكات الأولى (آكلة الأعشاب)** Primary Consumers وهي آكلات الأعشاب أو الحشائش (أو الطحالب) وتسمى آكلات الأعشاب الأولى First Consumers وتعتبر بالتالي الحلقة الثانية في السلسلة الغذائية .

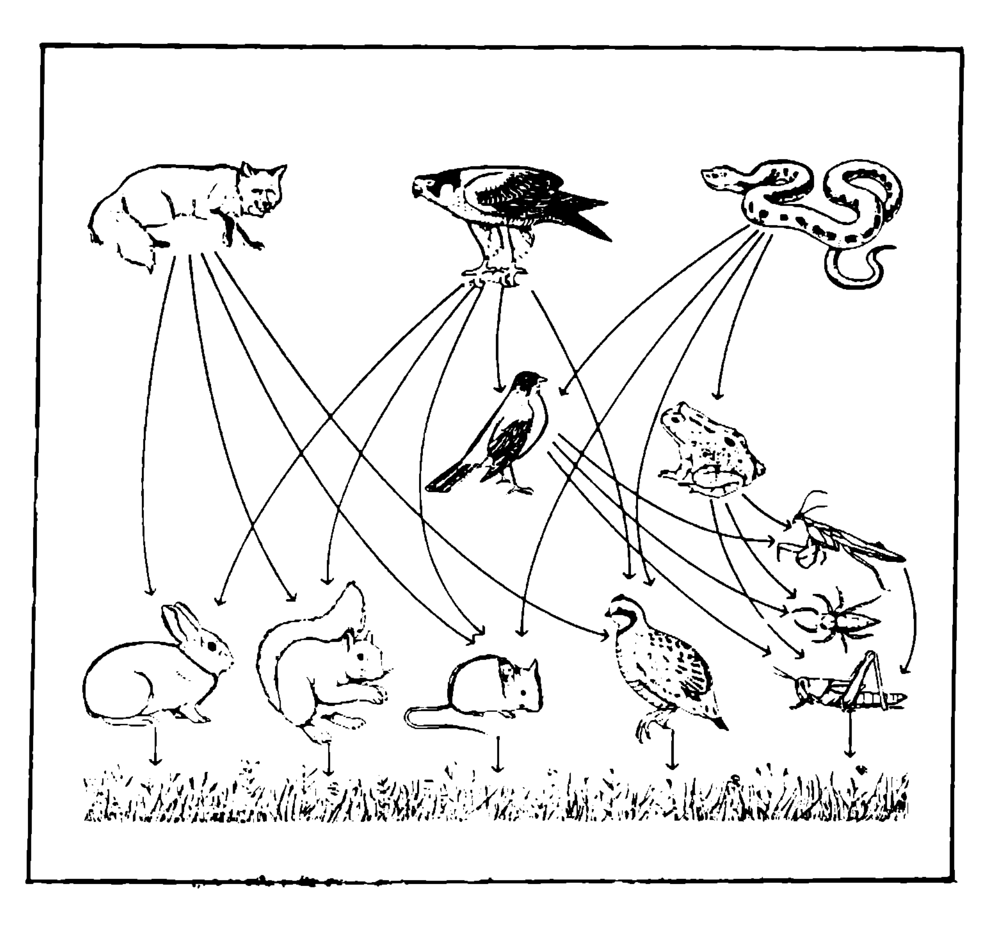
الثالث : **المستهلكات الثانية** Secondary Consumers وتضم الحيوانات آكلة اللحوم التي تتغذى على المستهلكات الأولى (كائنات الحلقة الثانية) ؛ وهي الحلقة الثالثة في السلسلة الغذائية .

الرابع : **المستهلكات الثالثة** Tertiary Consumers وتضم الحيوانات التي

تتغذى على المستهلكات الثانية (كائنات الحلقة الثالثة) ؛ وهي الحلقة الرابعة في السلسلة الغذائية .

الخامس : المفككّات (المحلّلات) Decomposers وتضم الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا والفطريات – وبعض الديدان والحشرات – التي تعمل على تفكيك الكائنات الحية العضوية بعد موتها وتحليلها إلى عناصرها الأوّلية – **كما بدأنا أول خلق نعيده** – التي تستفيد منها المنتجات مرة أخرى .

وهكذا تتداخل وتتشابك السلاسل الغذائية بعضها مع بعض لتكون ما يعرف **بشبكة الغذاء** Food Web (ادرس الشكل ١٦–٨) .



الشكل (١٦–٨) : شبكة غذاء

هذا ، وإذا نظرنا إلى هذه المستويات الغذائية على أنّها مصدر غذاء محتمل (أو طاقة) للإنسان ، يظهر بوضوح أنّ هناك تناقصاً في كفاءة الطاقة الكلية الممكنة كمصدر غذاء عند كل مستوى غذائي متتابع . وبشكل عام ، تُصوّر كمية الطاقة بين المستويات الغذائية على شكل **أهرامات للطاقة** يسمى كل منها (بهرم الطاقة) . وعليه ، تتغير الكمية النسبية للطاقة المندمجة كمواد غذائية في ذلك المستوى ،بتغير الأنظمة البيئية ، ومن سلسلة غذائية إلى أخرى داخل النظام البيئي الواحد . وبوجه عام ، في أية سلسلة لحيوانات مفترسة ، تزداد الأفراد المتابعة في الحجم وتقل في العدد . ولهذا تكون الحيوانات عند القاعدة صغيرة وعديدة ، في حين تكون تلك التي عند القمة قليلة ولكنها كبيرة ؛ وما بينهما توجد زيادة مطردة في حجم الأفراد ومع نقص في أعدادها وهذا ما يطلق عليه **بهرم الأعداد** .

المشكلات البيئية

تعمل النظم البيئية كما ذكر سابقاً ، وفقاً لقوانين الإتزان التي تتضمن الإستقرار والتعايش والمحافظة على الغذاء والإقلال من إهدار الطاقة وزيادة المحافظة على الكائنات الحية . إلاّ أنّ إخلال الإنسان بأنظمة الإتزان البيئي بطريقة أو أخرى ، أدّى إلى ظهور **مشكلات بيئية متداخلة للإنسان** نفسه . وأهم هذه المشكلات هي :

١ – الإنفجار السكاني Population Explosion وما يرتبط به من ظهور مشكلة الغذاء العالمية .

٢ – التلوث Pollution بأشكاله وصوره المختلفة .

٣ – استخدام المبيدات (الكيميائية) Pesticides .

٤ – انتشار الأسلحة النووية Proliferation of Nuclear Weapons وقد أطلق على المشكلات الأربع عالمياً بمشكلات (P) - P's Problems (حيث تبدأ جميعها بالحرف P) .

٥ – الإستنزاف السريع للموارد الطبيعية ، وتتمثل هذه المشكلات في سوء استخدام الموارد الطبيعية . فالعالم يمتلك موارد طبيعية محدودة ، إلاّ أنّ الإنسان أخذ يستخدمها بمعدّل يدعو للدهشة دون اهتمام واضح بحاجات الأجيال القادمة .

وتتعرض هذه المواد كما في الوقود (العضوي) الحفري – الفحم والبترول – إلى مشكلات حادة قد تعرض الإنسان إلى ما يعرف بأزمة الطاقة .

الانفجار السكاني :

من أبرز خصائص العالم الذي نعيش فيه هو ظاهرة (مشكلة) الانفجار السكاني المتمثلة في الأعداد الضخمة من الأفراد الذين يسكنون الكرة الأرضية (يزيد على خمسة بلايين نسمة) ، ويعيشون في جماعات ويستهلكون الموارد ، ويتكاثرون بمعدل مرتفع وبخاصة في الدول النامية . والزيادة السريعة في السكان تمثل مشكلة في كثير من الدول النامية ، مما يترتب عليها أربعة أبعاد رئيسية هي :

١ – على المستوى الإقليمي ، ويتمثل في سوء توزيع السكان فوق الأرض الجغرافية للبلد الواحد .

٢ – على المستوى القومي ، يتمثل في عدم تمشي الزيادة السكانية مع مشروعات التنمية الاقتصادية والاجتماعية .

٣ – على المستوى الثقافي – التربوي ، يتمثل في نوعية الأفراد والتنشئة التربوية ومدى أخذهم لأساليب العلوم والتكنولوجيا .

٤ – على المستوى العالمي ، يتمثل في ظهور (مشكلة غذائية عالمية) وما يترتب عليها من نتائج قد لا يحمد عقباها . بالإضافة ، يترتب على الإنفجار السكاني عدة مشكلات من أبرزها ما يلي :

أ – مشكلة غذائيةن عالمية نتيجة لزيادة الطلب على الغذاء بشكل كبير .

ب – سوء التغذية الناجم عن نقص الغذاء البروتيني والفيتامينات والأملاح المعدنية ، وقد يترتب على ذلك كثرة الوفيات وبخاصة عند الأطفال ، أو ضعف الصحة عند المواليد .

جـ – ظهور الأمراض .

د – الفقر والمجاعات .

هـ – الحروب المدمرة .

و – عدم الإستقرار .

المشكلة الغذائية العالمية :

ترتبط المشكلة الغذائية العالمية كما ذكر ، بالانفجار السكاني وارتفاع نسبة المواليد وبخاصة في الدول النامية . ويستنتج من الإحصاءات العالمية، أنّ أكثر من نصف السكان في العالم يوجد في آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية . وهذه دول بالمعايير الدولية فقيرة في الصناعة ، وتعتمد غالباً على الزراعة (البدائية) ، وفيها دخل الفرد منخفض ، ونسبة الأميّة مرتفعة ، ومعدّل المواليد مرتفع ، ونسبة كبيرة من السكان تعاني من نقص في الغذاء البروتيني وسوء التغذية .

ولمعالجة مشكلة الغذاء العالمية ، لابد من تكاتف دول العالم لمعالجة أسباب حدوثها بشكل جذري . ويقترح المختصون بالغذاء والتغذية بعض الأساليب والتوصيات لمعالجة مشكلة الغذاء العالمية من أبرزها ما يلي :

١ – **الحد من خطر الإنفجار السكاني** وذلك من خلال الإجراءآت التالية :

أ – **التربية السكانية المناسبة** ، وذلك كوسيلة ممارسة لتنمية فهم الناشئين وادراكهم للظواهر السكانية من حيث أسبابها والعوامل التي تحكمها والآثار المترتبة عليها ، والعلاقات التي تربطها ، وذلك بغرض تكوين اتجاهات سكانية ايجابية وتحقيق أهداف سكانية سلوكية تدعو إلى تحكم الأفراد في تركيب المجتمع . ولتحقيق ذلك ، ينبغي تنمية المفاهيم والإتجاهات السكانية التي تحقق الأهداف السلوكية السكانية المرغوبة والتي تتمثل في الميادين التالية :

أ – تنظيم الأسرة والتكاثر البشري .

ب – حجم الأسرة ومستوى المعيشة .

جـ – المعلومات السكانية والديمغرافية .

د – السكان والبيئة .

هـ – السياسات السكانية وبرامج التنمية المتصلة بها .

ب – **تنظيم الأسرة أو تخطيط العائلة** ، وذلك من خلال الحد من المواليد وتقليل نسبة المواليد بصورة جذرية لدرجة أنّ بعض المختصين يوصون بالوصول إلى نسبة صفر في المئة نمو سكاني . وتقليل نسبة المواليد ، لابد من التعاون الدولي في ذلك ، وعمل حملات توعية بين الأفراد لإنجاب العدد الذي يتناسب مع الموارد واقتصادياتها . ويمكن تحقيق ذلك ، من خلال استخدام موانع الحمل الطبيعية منها أو الصناعية حسب تفضيلات العائلة .

٢ – **التركيز على الزراعة** ودورها في مواجهة المشكلة الغذائية عالمياً واقليمياً ومحلياً ، وذلك من خلال الممارسات الزراعية التالية :

أ – إصلاح الأراضي وبخاصة تلك الأراضي غير المستغلة للزراعة .

ب – عمل السدود وتجميع المياه وري الأراضي .

جـ – الزحف إلى الصحراء والحد من زحف الصحراء على الإنسان .

د – اتباع الأساليب والتقنيات الزراعية الحديثة في العمليات الزراعية المختلفة من حراثة وبذار وعزق وحصاد ... الخ .

هـ – العمل على زيادة الإنتاج الغذائي العمودي لكل وحدة مساحة .

و – استخدام أصناف زراعية مقاومة للأمراض والآفات الزراعية .

ز – تشجيع الناس للعودة إلى (الأرض) والزراعة ، ودعم الزراعة والمزارعين والتخلي نسبياً عن الوظيفة العامة من خلال تغيير الاتجاهات إيجابياً نحو الزراعة .

ح – التعاون المحلي والإقليمي والعالمي والإستفادة من خبرات الآخرين في المجال الزراعي وبخاصة الخبرات الزراعية في مجال الهندسة الوراثية الزراعية .

التلوث Pollution

يمثل الإنسان العنصر الأسمى في كل النظم البيئية ، نظراً لما يتميز به من طبيعة

انسانية خلقت في أحسن تقويم ، وامكانات وقدرات عقلية وضعته في موقف المتمكن من البيئة والموجه لنظامها . إلاّ أنّ التقدم العلمي والتكنولوجي الذي اخترعه الإنسان ، له آثار سيئة في البيئة الطبيعية ؛ فانطلاق الغازات والأبخرة من المصانع وإلقاء النفايات والفضلات في البيئة والمبيدات ... تؤدي جميعها إلى تهديد مباشر للإنسان من خلال وجود المواد السامة له ، وآخر غير مباشر ينتج عن نظام بيئي عالمي تعرض ويتعرض لعدم الإستقرار بشكل متزايد . كما يؤدي إلى اضطراب السلاسل الغذائية مما ينعكس على الإنسان نفسه (ومحاصيله وحيواناته ونباتاته) الذي أفسدت الصناعة غير المنضبطة بيئته الطبيعية وجعلتها أحياناً غير ملائمة لحياته . ويجيء على رأس هذه الآثار السيئة مشكلة (التلوث البيئي) البشري الذي هو من صنيع الإنسان نفسه . وباختصار، يعرف التلوث بأنّه كل تغير نتائج عن تدخل الإنسان في النظم البيئية والذي يسبب ضرراً بشكل مباشر أو غير مباشر للكائنات الحية التي ترتبط بالبيئة ارتباطاً مباشراً . وتوجد **أنواع مختلفة من التلوث** هي :

أولاً : تلوث الهواء Air Pollution

لا يستطيع الإنسان (وبقية الكائنات الحية الأخرى) أن يعيش بدون الهواء أكثر من (٣–٥) دقائق بينما يستطيع أن يعيش أياماً بدون طعام . وهذا يبيّن أهمية الهواء للإنسان وللكائنات الحية الأخرى . وطبقة الهواء – وإلى ارتفاع حوالي ١٢كم – تتكون من خليط من الغازات بنسب تقريبية كما يلي : أ – نيتروجين ٥ر٧٩٪ . ب – أكسجين ٥ر١٩٪ . جـ – ثاني أكسيد الكربون ٠٣ر٠٪ . د – هيدروجين وغازات خاملة وبخار ماء ٩٧ر٠٪ . وترد إلى الهواء الجوي شوائب كثيرة هي :

١ – **الغازات** ، وهي تنتج من :

أ – تنفس الكائنات الحية .

ب – عمليات الإحتراق التي تتم في حياة الإنسان .

جـ – مختلف الصناعات التي تحدث فيها عمليات احتراق الوقود .

د – عمليات التخمر والتحلّل التي تحدث في البيئة الطبيعية كما في البرك

والمستنقعات وفي المجاري ودورات المياه التي تهمل نظافتها .

٢ - **مواد صلبة عضوية** ، وتدخل الهواء على شكل حبيبات دقيقة كما في نشارة الخشب والألياف النباتية كالقطن أو الصوف أو حبيبات النشا وبخاصة في المناطق الصناعية .

٣ - **مواد صلبة غير عضوية** كالغبار والرماد والمعادن في المناطق الصناعية أو الأملاح على شواطئ البحار ، وهذه تنتج عن تبخر رذاذ البحر المتطاير إلى الهواء الجوي .

٤ - **الفطريات والبكتيريا** ، وتصل هذه الميكروبات الهواء الجوي مباشرة كالرذاذ المتطاير إليه من المرضى .

وبوجه عام ، فإنّ تأثير هذه الشوائب من (غازات ومواد عضوية وغير عضوية) على الجسم يتوقف على عدة عوامل من بينها ما يلي :

أ - نسبتها في الجو والكمية التي يأخذها الجسم ، فمثلاً إذا وصلت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء المستنشق حوالي ٦٪ فإنّه يسبب الإحساس بصداع وسرعة التنفس وميل إلى التقيؤ ثم الإغماء إذا ما وصلت نسبته ٨٪؛ وإذا وصلت نسبة أول أكسيد الكربون ١٪ من الهواء المستنشق فإنّه يقتل سريعاً ويسبب الموت .

ب - حجم الحبيبات وشكلها ، فالحبيبات الكبيرة تحتجز عند الشعيبات الهوائية ثم تطرد مع السعال . أمّا الحبيبات الصغيرة الدقيقة الحجم ، فتصل إلى خلايا نسيج الرئة حيث تحدث أضرارها . وأكثر الناس تعرضاً للإصابة بمثل هذه التلوثات والأمراض هم العاملون في الجو المترب مثل عمال المناجم . ولحسن حظ الإنسان ، هناك عوامل طبيعية تعمل على تقليل الشوائب في الجو من بينها : الأمطار والرياح وكلورفيل النبات (التركيب الضوئي) وتأكسد المواد العضوية الموجودة بالجو بالأكسجين الجوي لتتحول إلى مواد غير ضارة . والهواء الصالح للتنفس ، يجب أن تتوافر فيه الشروط التالية :

أ – درجة حرارة معتدلة (حوالي عشرين درجة مئوية) .

ب – درجة رطوبة نسبية ما بين ٦٠ – ٧٥٪ .

جـ – تجدد مستمر للهواء .

د – أن يكون خالياً من المواد العالقة والغازات (السامة) والميكروبات المرضية .

هـ – أن تكون مكوناته وبخاصة الأكسجين في الحدود الطبيعية للجو الطبيعي النقي .

مما تقدم ، يتبين لنا أنّ **تلوث الهواء أوسع أشكال التلوث انتشاراً** وخطراً على الإنسان ؛ فلئن كان من الممكن تطهير المياه الملوثة لحد ما ، وتجنب الغذاء الملوث ... فإنّ تلوث الهواء يصعب علاجة والسيطرة عليه لسببين هما :

أ – استحالة حصر تلوث الهواء في أماكن محدودة .

ب – التزايد المستمر في مسببات تلوث الهواء ومعدلاته ؛ وهو أمر يصعب ايقافه نظراً لارتباطه بنشاط الإنسان وتقدمه المستمر في مختلف المجالات الصناعية والتكنولوجية . ويحدث تلوث الهواء بطرائق متعددة من أبرزها ما يلي :

١ – الوقود (العضوي) الحفري Fossil Fuels إنّ حرق الوقود الحفري وبخاصة الوقود الصلب (الفحم) والوقود السائل (البترول ومشتقاته) هو أكبر مسبب لتلوث الهواء ؛ حيث ينتج من عمليات الحرق أعداد هائلة من جسيمات ذات حجوم مختلفة ، الكبيرة منها تكون الغبار الذي يترسب بالقرب من مصدره ، والصغيرة تكون الدخان لفترة أطول في الهواء ويتم استنشاقها داخل الرئتين مسببة اسوداد الأنسجة الرئوية .

٢ – التلوث بالكبريت Sulphur P.

الكبريت هو الملوث الآخر من الوقود الحفري ، وينبعث كغاز ثاني أكسيد الكبريت بصورة رئيسية . وينتج حوالي ٧٠٪ من الكمية المنتجة عالمياً من (ثاني أكسيد الكبريت) من مصادره الطبيعية كما في تحلل النباتات في البرك والمستنقعات المائية . وهناك أدلة على الأضرار التي تحصل للنباتات والتي يبدو أنّها أكثر حساسية من

الحيوانات – مسببة أمراضاً ظاهرة كتبقع الأوراق وقلة إنتاج المحصول الزراعي . وتنمو الأشجار البرية بقلة (ببطء) لدرجة أن بعضها يموت وبخاصة في المناطق الصناعية .

٣ – التلوث بأول أكسيد الكربون

التركيزات العالية المنبعثة من المحركات التي تستعمل البترول تكون ذات خطورة واضحة حيث يأتي أكثر من ٦٠٪ من ملوثات الهواء من عوادم السيارات التي تتضمن أول أكسيد الكربون ومواد هيدروكربونية ؛ لذا يبدو الغلاف الجوي لكثير من المدن الصناعية على أنّه مزيج كيميائي ضوئي من الضباب والدخان (Smogs). ويحدث التسمم وبالتالي الموت بأول أكسيد الكربون إذا ما وصلت نسبته ١٪ من الهواء المستنشق ، وقد يحدث ذلك على سبيل المثال ، عندما تتحرك السيارة في نفق ضيق ومغلق تحت الأرض . ويكون مستوى أول أكسيد الكربون مرتفعاً في شوارع المدن المزدحمة بالسيارات إلى حد يدعو إلى القلق الصحي ، لأنّ خطره الرئيسي يتمثل في عشقه الشديد إلى التفاعل مع هيموجلوبين الدم (أسرع من الأكسجين بحوالي مائتي مرة) وبالتالي يصعب نقل الأكسجين الضروري للتنفس الخلوي . ومن هنا ينقص معدّل ما يصل من الأكسجين مع الدم إلى خلايا الجسم وأنسجته مما يودي إلى تعرض الشخص لهبوط عام وإلى إصابته بالأنيميا . كما أنّ كثرة أول أكسيد الكربون وبعض الدقائق العالقة في الهواء الجوي ، يمكن أن تؤثر على درجة حرارة العالم بسبب التغير في الإتزان بين امتصاص وانعكاس ضوء الشمس في الغلاف الجوي .

وفي الواقع ، تشير التقارير العلمية البيئية إلى خطورة ارتفاع درجة حرارة الأرض ، والتي تتمثل في جوانب منها زيادة التبخر بصورة أكبر وبالتالي مردود زراعي أقل ، وفترات جفاف أكثر وأقوى مما يؤدي إلى تعريض التوازن الغذائي (الضعيف) إلى الخطر ، والدول النامية بالطبع هي في مقدمة الضحايا . ومن مساوئ إرتفاع درجات الحرارة ، هو ذوبان قسم من الكتل الجليدية القطبية مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى المحيطات وبالتالي إلحاق الأضرار الممكن تصورها بالمناطق الساحلية والمدن الواقعة على شواطئ البحار . ويعتقد العلماء كما ذكر آنفاً ، أنّ أهم عامل مسؤول عن ارتفاع درجة الحرارة هو غاز الفحم (أول أكسيد الكربون) الذي يتزايد

تركيزه في الجو ، وبعد انعكاس أشعة الشمس على سطح الأرض والمحيطات يعود قسم منها إلى الفضاء ، إلاّ أنّ غاز الفحم يقف عقبة في طريقها . وعليه ، فإذا ازداد تركيزه في الجو فإنّه يعيق عودة المزيد من أشعة الشمس إلى الفضاء ويتمسك بها فتزداد كمية الطاقة المتبقية في الجو وبالتالي ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية . وما دام السبب معروفاً لارتفاع درجة الحرارة ، لذا من السهل التوصل إلى الحل ، وهذا يتمثل في استهلاك كميات أقل من البترول والفحم والأخشاب ... ولكن يبدو أنّ القول سهل ويصعب التنفيذ .

٤ – الضّبخن Smog

أهم عناصر تلوث الهواء في المدن والمناطق الصناعية هو الدخان المنبعث من إحتراق الوقود الصلب (الفحم) والوقود السائل (البترول) والوقود الغازي (الغاز الطبيعي) ؛ حيث ما زالت هذه المواد هي المستخدمة لتوليد الطاقة في أغلب الصناعات ، ومازالت كثير من المدن الصناعية تعاني من كثافة الدخان المتصاعد من مصانعها ، وذلك بسبب ما يحتويه هذا الدخان من غازات سامة . وأخطر سحابات الدخان هي التي يختلط فيها (الدخان) (بالضباب) حيث يتكون منهما خليط سام يعرف بالضِّبخن Smog وهو من أشد مظاهر التلوث الهوائي خطورة على الإنسان .

كما أنّ أكاسيد النيتروجين التي تنتج بسبب احتراق النيتروجين في محركات السيارات ، تعتبر مركبات سامة وبخاصة عندما تطرح بتركيزات عالية في الهواء الجوي . وفي الحوادث الطارئة التي تحدث في المصانع الكبيرة ، يكون هناك انبعاث ثاني أكسيد النيتروجين بتركيز عال وقد يسبب لهم أذى شديداً في الرئتين . هذا ، وتزداد خطورة الضبخن الكيماوي عند استعمال عدد هائل من وسائل النقل المختلفة وبخاصة إذا تزامن ذلك مع حدوث انقلاب حراري مما ينتج عنه حصر هذه الملوثات بتركيزات عالية قرب سطح الأرض وبالتالي تزداد خطورته على الإنسان .

٥ – التدخين Smoking

يعتبر تدخين السجائر وسيلة من وسائل تلوث الهواء وبخاصة عندما يتم بأعداد كبيرة وفي مساحات ضيقة . وقد تبّين أنّ أغلب الاصابات بسرطان الرئة والأمراض

المختلفة للقصبات الهوائية والقلب سببها التدخين ؛ حيث تبيّن أنّ تركيز غاز أول أكسيد الكبريت يوجد بتركيز أعلى في دم المدخنين بالمقارنة مع نظرائهم الذين يتعرضون إلى تركيز عال من دخان وسائط النقل والمواصلات .

٦ - التلوث الطبيعي

من مسببات التلوث الطبيعي للهواء هو الثورات البركانية وانفجارها ، حيث تحتوي المقذوفات البركانية عادة على كميات كبيرة من الغازات الضارة مثل الغازات الكبريتية ،وكميات كبيرة من الغبار الذي قد يبقى عالقاً بالجو لفترات طويلة . كما تؤدي الثورات البركانية إلى القضاء على الحياة النباتية والحيوانية والبشرية (والتربة الزراعية) الموجودة في أماكن حدوثها أو بالقرب منها .

ومن مظاهر التلوث الطبيعي الأخرى ، الأتربة والرمال الناعمة التي ترفعها التيارات الهوائية الصاعدة ، أو التي تنقلها الرياح من سطح الأرض المكشوفة وبخاصة ذات الأتربة المفككة (الرملية) في المناطق الجافة وشبه الجافة . ومن أقوى مظاهرها العواصف الترابية والرملية التي قد تؤدي إلى نقلها إلى المساكن أو بقائها في الجو مما قد يترتب عليها إصابة الإنسان ببعض أمراض العيون وبعض الأمراض الصدرية وأمراض الحساسية .

٧ - الغازات السامة

يعتبر تلوث الهواء بالغازات السامة من **أخطر عناصر التلوث الهوائي** المرتبطة بالصناعة والتي تتسرب من حين لآخر ، بسبب خطأ إنساني أو طبيعي ، أو التي تنطلق منها (الغازات السامة) بسبب الانفجارات المفاجئة . ولعلّ أفضل مثال على ذلك نذكر كارثة تسرب الغازات السامة من أحد مصانع مدينة بوبال الهندية في أواخر عام ١٩٨٤ والتي أدت إلى وفاة بضعة آلاف فرد ، وإلى حدوث تشوهات وإصابات بالعمى الكلي أو الجزئي لعدة آلاف آخرين .

٨ - التلوث بالمعادن الثقيلة

يزداد التلوث البيئي بالمعادن الثقيلة من الرصاص والزئبق والكاديوم . وأصبح لها

تركيز حيوي في السلاسل الغذائية . والرصاص هو ملوث الهواء الذي ينبعث من السيارات حيث يضاف (رابع ايثل الرصاص) إلى البترول لزيادة فاعليته . والنباتات المزروعة قرب الشوارع المزدحمة ربما تحتوي على كمية من الرصاص بحيث تصبح غير ملائمة كغذاء للإنسان والحيوانات الأخرى . كما ينبعث الرصاص إلى الهواء الجوي من خلال أفران المعادن والمبيدات والعلب الملحومة . والرصاص سم متراكم يمكن أن يسبب الضعف واصابة الأنسجة والوفاة .

وكذلك يُلقى الزئبق إلى البحيرات والمجاري من المصانع الكيماوية ومصانع الكلور والورق والبطاريات والمعدات الكهربائية . وقد أشارت بعض الدراسات ، إلى أنّ البكتيريا اللاهوائية الموجودة في الطين ، حيث يترسب الزئبق في طين القاع ، تحوّل الزئبق إلى النوع المتطاير (ميثل الزئبق الثنائي) الذي يدخل في الماء والغذاء ، أو يمتص مباشرة خلال خياشيم الأسماك . ويسبب الزئبق للإنسان رجفة في العضلات وتلف الكلى واصابة الدماغ والاكتئاب . كما يؤثر (الكاديوم) على الإنسان ويسبب له أضراراً في الأعصاب والكلى والجهاز التنفسي .

ثانياً : تلوث الماء Water Pollution

الماء الصالح للشرب يجب أن يكون نظيفاً ، لا لون له ولا طعم ولا رئحة ، خالياً من المواد الضارة . ويصبح (الماء) غير صالح للشرب إذا اختلطت به أية مادة غريبة أو أصيب بالتلوث بالمواد العضوية أو غير العضوية أو المواد المشعة . ونظراً لأهمية الماء في الحياة « **وجعلنا من الماء كل شيء حي** » ، لذا فإنّ الماء يعتبر من أخطر المشكلات الصحية في معظم دول العالم . وتنقسم ملوثات المياه إلى قسمين هما :

الأول : الملوثات العضوية التي تنجم من الكائنات الحية المتحللّة وافرازات الانسان والحيوانات التي تموت وتتحلل في التربة .

الثاني : الملوثات غير العضوية وأهمها الجزيئات الصلبة من المواد الطينية والمواد المعدنية التي توجد ذائبة في الماء . وكذلك الأسمدة الكيماوية التي تستخدم في الزراعة والمبيدات الحشرية المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية . هذا ، وقد تختلف معدلات التلوث المائي ونوعية الملوثات المائية باختلاف – المياه الجوفية ، والمياه

الجارية على السطح ، حسب ظروف تواجدها وحركة مياهها . ومن **ملوثات المياه** نذكر ما يلي :

١ - التلوث بواسطة المجاري

يتم تلوث الماء بواسطة المجاري وبخاصة ملوثات المطهرات الصناعية المستخدمة في تنظيف المنازل . وفي الوقت الحاضر ، هناك شكوى رئيسية من المطهرات بسبب اطلاقها كميات عالية من الفوسفات التي تتدفق باستمرار إلى الأنهار وربما الينابيع الصالحة للشرب .

ومن هنا تتجه الأنظار إلى صناعة مطهرات منزلية حاوية على كمية قليلة من الفوسفات . كما أنّ فضلات المنازل تعمل على حفز نمو بعض الأنواع من الأحياء غير المرغوب بها . إلاّ أنّ المصانع تطرح مطهرات لها أثر أعلى من المطروح من المنازل، حيث تشير التقارير البيئية إلى قتل الأسماك بواسطة السيانيد المطروح ؛ في حين الضرر الناتج من معادن أخرى - كالنحاس والخارصين والزئبق والرصاص - لوحظ أنّه قليل ، لأنّ المشكلة الرئيسية لتلك العناصر تأتي من أثرها التجمعي ؛ فالتعرض المتكرر لمستويات قليلة قد يؤدي إلى تركيز العنصر في أنسجة الحيوانات المائية (كالأسماك) ومن المحتمل في أجسام الطيور والثدييات التي تتغذى على الأسماك . كما أنّ الطحالب سريعة التأثر بالنحاس ، ولهذا تحفظ البرك والخزانات المائية نظيفة من خلال إضافة جزء بسيط جداً من النحاس لها .

٢ - التلوث بفضلات حيوانات المزرعة

تشير الدراسات البيئية إلى أنّ كمية الفضلات التي تُسهم في التلوث البيئي من حيوانات المزرعة (كالأبقار والأغنام والخنازير والخيول والدواجن ...) أكثر من ثلاثة أضعاف ما يسببه الإنسان من تلوث للبيئة . كما أنّ تناقص وصول فضلات حيوانات المزرعة إلى التربة قد يؤدي إلى تلف في تركيب التربة ومن ثم انخفاض ناتج المحاصيل الحقلية (كالقمح والشعير والذرة) والخضرية وذلك نظراً لقلة استخدام السماد الحيواني للتربة الزراعية . وكذلك ، فإنّ فضلات الحيوانات الزراعية المطروحة في المياه بدون أية معالجة ، قد تسبب نقصاً في الأكسجين في البيئة المائية وبالتالي تهدد

الحيوانات المائية بخطر الموت .

ثالثاً : التلوث الحراري Thermal P.

تقسم الكائنات الحية الحيوانية من حيث درجة حرارة جسمها إلى قسمين :

مجموعة الحيوانات ذوات الدم الحار (درجة حرارة جسمها ثابتة) وبالتالي يمكنها تنظيم درجة حرارة جسمها فسيولوجياً ؛ ومجموعة الحيوانات ذوات الدوم البارد (درجة حرارة جسمها متغيرة حسب البيئة) وبالتالي يمكنها أن تعيش ضمن حدود معينة من درجات الحرارة . وتتأثر الحيوانات وبقية النباتات بالتغيرات الحرارية في البيئة التي تعيش فيها . ومن هنا فإنّ التغير في درجة حرارة المياه نتيجة فعاليات التلوث الحراري (كالتوسع الصناعي) يمكن أن تعرض حياة الحيوانات المائية (كالأسماك مثلاً) للخطر . هذا ومما يجدر ذكره ، بأنّ أكثر المناطق أهمية وخطورة تلك التي يستعمل فيها الماء لتبريد الآلات الصناعية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية . كما أنّ تسخين المياه بصورة خاصة ، ربما يودي إلى فقدان الأكسجين الذائب في المياه ، فعند تسخين الماء الذي يحتوي على كميات كافية من الأكسجين - للكائنات الحية المائية - فإنّ ذلك يؤدي إلى انخفاض مستوى الأكسجين الذائب فيه ، إذ إنّ قابلية الأكسجين للذوبان في الماء تقل بارتفاع درجة حرارة الماء .

رابعاً : التلوث النووي

تلوث البيئة بالاشعاع النووي **أخطر الملوثات البيئية** . فالجرع العالية تسبب الموت المباشر ، والتعرض القليل للإشعاع قد لا يكون له تأثير آني واضح على الشخص البالغ، إلاّ أنّ (الإشعاع) يسبب كثيراً من المخاطر على الإنسان والتي تتمثل في جانب منها ما يلي : أ - التشوهات الخلقية للأجنة . ب - انتاج أمراض سرطانية ، جـ - التخلف العقلي . د - العقم . هـ - تضارب في الصفات الأنثوية والذكرية في الذكور والإناث . و - حدوث الطفرات التي تكون غالباً لغير صالح الإنسان . ز - التلوث الغذائي .

هذا ، وقد شهد العالم التلوث النووي الحقيقي في أواخر الحرب العالمية الثانية عندما ألقيت أول قنبلة نووية على مدينتي هيروشيما ونجازاكي اليابانيتين فقتلت

وشوّهت معظم سكان المدينتين . أما الذين نجوا فظلوا يعانون من آثار الإشعاع النووي طول حياتهم ، كما انعكس ذلك على ذريتهم (وراثياً) من خلال حدوث الطفرات الوراثية .

كما يمكن أن يحدث **التلوث النووي** بصورة غير مقصودة نتيجة لتسرب الإشعاعات من مفاعلات الطاقة النووية عند حدوث حرائق أو انفجارات بها . ومن الحوادث من هذا النوع ، حادثة جزيرة الثلاثة أميال في امريكا ، وحادثة تشيرنوبل في روسيا وما نتج عنهما من خسائر في الأرواح وزيادة في درجة تركيز الإشعاع النووي في مناطق واسعة من أوروبا حول المنطقة التي حدث فيها الإنفجار . ويصاب كثير من الناس بحالات مرضية خطيرة من أعراضها تسلخات في الجلد ، وقيء وغثيان ونزيف داخلي وخارجي من مختلف فتحات الجسم ، وهي أعراض تنتهي غالباً بالموت خلال بضعة أسابيع .

وفي المناطق البعيدة من الحادثة ، تؤدي زيادة الإشعاعات عن معدلاتها إلى حدوث تسمم نووي بطيء تظهر أعراضه بعد عدة سنوات ، وقد يودي إلى الإصابة ببعض أنواع مرض السرطان غالباً . هذا بالإضافة إلى امتداد التلوث إلى كل جوانب البيئة التي يعيش فيها من ماء وغذاء وصخور وملابس وأدوات ... الخ . ومن الحوادث الخطيرة التي تناقلتها وكالات الأنباء العالمية ، أنباء سقوط (قنبلة هيدروجينية) في بحر اليابان من حاملة طائرات أمريكية فقدت طائرة وطياراً في الحادث على بعد حوالي ثمانين ميلاً من إحدى الجزر اليابانية، فالقنبلة الهيدروجينية المستقرة (ربما) في أعماق المحيط – وقد لا تفقد فاعليتها وخطرها وشرها بالتقادم – تظل تهدد العالم والبشرية ما دامت مستقرة في قاع المحيط . ولعلّ المطلوب في هذا الصدد ، أن يقرر الخبراء مدى فاعلية وخطورة القنبلة وأن يعملوا على انتشالها حتى يطمئن العالم حول هذا الخطر الرابض في قاع مياه المحيط .

خامساً : تلوث البحر Sea Pollution

يحدث تلوث مياه البحار والمحيطات من خلال التلوث التالية :

١ – التلوث بالبترول (النفط) ، فالنفط أكثر ملوثات مياه البحار والمحيطات وضوحاً . وظاهرة انسكاب الزيت (المقصود وغير المقصود) من السفن النفطية

العملاقة أو غرقها واضحة ، كالبقع الزيتية التي حدثت في منطقة الخليج العربي ، والنفط الذي انسكب في ألاسكا (امريكا) وغطى مساحات شاسعة هددت الثروة البحرية بالخطر ؛ أو الخطورة التي تنشأ عندما تطرح السفن النفطية بتعمد فضلات النفط أو عند غسل الناقلات قبل إعادة تحميلها . ومن الآثار السلبية لتلوث البحر بالنفط، هو تهديدها للحياة المائية وعلى رأسها الثروة السمكية ، وكذلك تأثر الطيور المائية بها . ومن هنا يفكر من خلال **الهندسة الوراثية** ، بانتاج سلالات بكتيرية قادرة على التخلص من النفايات النفطية التي تتزايد يوماً بعد يوم وبخاصة في المناطق التي يتجمع البترول على سطح مياهها .

٢ – مياه المجاري والفضلات السامة ، حيث تطرح كميات كبيرة من فضلات المجاري إلى مياه البحار والمحيطات . هذا بالاضافة إلى طرح المعادن الثقيلة التي تشتمل على الزئبق والرصاص من المركبات الكيماوية الصناعية ؛ وهذه التلوثات تسبب خطورة على الثروة البحرية وتهدد حياتها .

٣ – التلوث النووي ، يحدث التلوث النووي لمياه البحار نتيجة استخدام مياه البحار في بعض المناطق لاجراء التفجيرات النووية ولدفن المخلفات الناتجة من محيطات توليد هذه الطاقة . ولهذا تتأثر الأسماك والحيوانات البحرية التي تتغذى على الأسماك والإنسان الذي يتغذى على هذه الحيوانات ، تتأثر جميعها بالإشعاعات النووية التي تنطلق من التفجيرات التي تتم في البحر أو من المخلفات النووية التي تدفن فيه .

سادساً : التلوث بالمبيدات Pesticides

المبيدات هي مواد كيماوية سامة ، لها تأثير قاتل (للحشرات) أو طارد لها ؛ بعضها من مصدر نباتي ولكن معظمها كيماويات مصنعة . وهي (المبيدات الحشرية) يحدث تأثيرها من خلال : إمّا أن تشل الجهاز العصبي المركزي أو تمنع بعض الأنزيمات من القيام بدورها . وعلى الرغم من فوائد المبيدات ضد الآفات الزراعية ، إلاّ أنّها تصبح مادة ملوثة عند وصولها أهدافاً غير صحيحة . وتتضمن المبيدات كمفهوم أشمل، المبيدات الحشرية Insecticides والمبيدات الفطرية Fungicides ومبيدات الأعشاب Herbicides . ومن هنا يوجد خطر دائم في أن تسبب المبيدات ضرراً للإنسان وغيره

من الأحياء غير المستهدفة في رش المبيدات . ويتمثل خطر المبيدات في تسمم الإنسان وموت الحيوانات والنباتات . كما أنّ المبيدات التي تحتوي على الزئبق (المبيدات الفطرية) يمكن أن يكون فيها الزئبق مادة ملوثة للبيئة ، نظراً لجمعه وتخزينه من قبل الحيوانات وبالتالي ينقل ويركز في السلاسل الغذائية . كما تتلوث الطيور (وتموت) عندما تتغذى على الحبوب المكسوة بمركبات الزئبق .

أمّا الأخطار الناجمة عن مبيدات الحشرات ، فتتمثل في مجموعة الفسفور العضوي الذي له ولمركباته القدرة على التأثير الجمعي مما يعني أخذ الحيطة والحذر عند استخدامه من خلال استخدام كميات أمينة من هذه الكيماويات . كما يسبب مركب ألـ (د.د.ت) التلوث البيئي حيث يوجد في الهواء وفي مياه الأمطار وفي دهون الطيور والأسماك . كما يسبب موت الطيور وبخاصة تلك التي تتغذى على الديدان التي تقوم بتركيز هذا المبيد الحشري ؛ أو موت بعض الثدييات نتيجة التسمم الحاد بمادة (د.د.ت). وكذلك يمكن أن تنقل آثاره الملوثة إلى المياه وبالتالي تهديد الحياة البحرية . ولهذا ، فإنّ المبيدات من مجموعة الكلور العضوي قد تؤدي إلى حوادث تلوث قاسية، وقد وجد تلوث واسع الإنتشار محلياً وعالمياً .

بالإضافة إلى ما سبق ، فإنّ المبيدات تقضي على بعض الحشرات النافعة وتضر بالحياة الحيوانية الأخرى . وتشير الدراسات العلمية البيئية ، إلى أنّ هناك أعداداً متزايدة من أنواع الطيور تعاني من فشل التكاثر وذلك بسبب رقة قشرة البيضة ، وضعف وموت أفراخها . وهناك هبوط في أعداد بعض أنواع الطيور (كالباز الجوال والنسر الأصلع) وبالتالي فهي مهدّدة بخطر الانقراض . وقد تبين أنّ رقة القشرة وضعف الأجنة يرتبط برواسب من (د.د.ت) . كما أنّ بعض المبيدات سببت السرطان في حيوانات التجارب ؛ ومن هنا منعت كثير من الدول استخدام مادة ألـ (د.د.ت) .

سابعاً : تلوث التربة Soil Pollution

تتلوث التربة بعدة طرق من أبرزها ما يلي :

١ – استعمال المبيدات على اختلاف أشكالها يمكن أن يؤدي إلى تلف سطح التربة .

٢ – إلقاء الفضلات والمخلفات الصناعية غير المعالجة .

٣ – التلوث النووي .

٤ – مواد البلاستيك غير القابلة للتحلّل .

٥ – إلقاء النفايات البشرية والفضلات الحيوانية .

٦ – تجمع الأملاح تحت الأرض وظهورها على السطح بسبب رداءة عمليات الري والصرف ، يقلل من خصوبتها ويخفض الإنتاج ويتلفه .

٧ – إزالة الغابات وحرق الغطاء الكثيف ، وحرق الحشائش في الأراضي الطبيعية ، والرعي المفرط ... يعرض التربة للإنجراف وبالتالي تفقد خصوبتها ويقل انتاجها .

٨ – إزالة الأشجار من مساحات كبيرة مع إزالة الأملاح الغذائية مع النباتات ، يؤدي إلى أن تسخن التربة أكثر من اللازم ويزداد معدّل تسرب الماء ؛ وبازدياد تعرّي التربة ، فإنّ جزءاً منها يتصلب وتصبح فيها الزراعة غير ممكنة وتكون النتيجة النهائية (التصحر) . كل هذه التلوثات المختلفة في التربة ، تنعكس على النظم البيئية وتعمل على زعزعتها من جهة ، وتؤثر على خصوبة التربة وانتاجها من جهة ثانية مما ينعكس آثاره سلبياً على الإنسان ومعيشته .

ثامناً : التلوث الصوتي (الضوضاء)

التلوث كعامل من العوامل التي لها علاقة بالصحة والمرض ، لا يشمل فقط التلوث المادي الذي سبق وأن تحدثنا عنه فحسب ، بل يشمل أيضاً بمعناه الواسع التلوث الصوتي الناتج عن الضوضاء التي تصدر عن آلات المصانع والحفارات والطائرات والتفجيرات وحركات النقل والمواصلات على الطرق وبخاصة في المدن الكبيرة المزدحمة . كما يشمل أيضاً الإهتزازات التي تحدث نتيجة لحركة الآلات الثقيلة على الطرق وفي المصانع وغيرها ؛ فهذه كلها لها آثارها الضارة على الجهاز العصبي والأذن والأحوال النفسية للإنسان .

يتبين مما تقدم ، أن **للتقدم العلمي والتكنولوجي** أثراً بالغاً على البيئة بمختلف أشكالها ؛ فقد رافق هذا التقدم زيادة ملحوظة على مختلف صور التلوث الذي أدى إلى ظهور أخطار كبيرة تهدد الكائنات الحية بالزوال نتيجة لهذا التلوث الذي أضحى مشكلة العصر والتي تشغل بال مختلف الأفراد والجماعات والدول في هذا العالم المتنامي . ولعلّ أبرز مخاطر التلوث ، هو **تلوث الهواء والماء والغذاء – أساسيات الحياة** للإنسان والكائنات الحية الأخرى . ومما زاد الطين بلّة ، هو ما كثر الحديث عنه مؤخراً من اختلال (طبقة الأوزون) بسبب تلوث البيئة بمادة (الكلوروفلورو كربون) التي أدى استخدامها من قبل الشركات والمصانع العالمية إلى إحداث (فجوة) في طبقة الأوزون الحيوية ، وبالتالي احتمال **تعرض الإنسان لخطر الأشعة فوق البنفسجية** والتي تسبب ما يلي :

١ – اختلال التوازن المناخي ، واضطراب الأحوال الجوية ، وحدوث الفيضانات والجفاف .

٢ – احتمال الإصابة بمرض سرطان الجلد .

٣ – تهاجم قرنية العين فتسبب تكثف عدسة العين مما يؤدي إلى فقدان البصر .

٤ – تلحق الضرر بنظام المناعة في الجسم ، ويصبح الجسم أقل مقاومة لجميع الأمراض والإلتهابات .

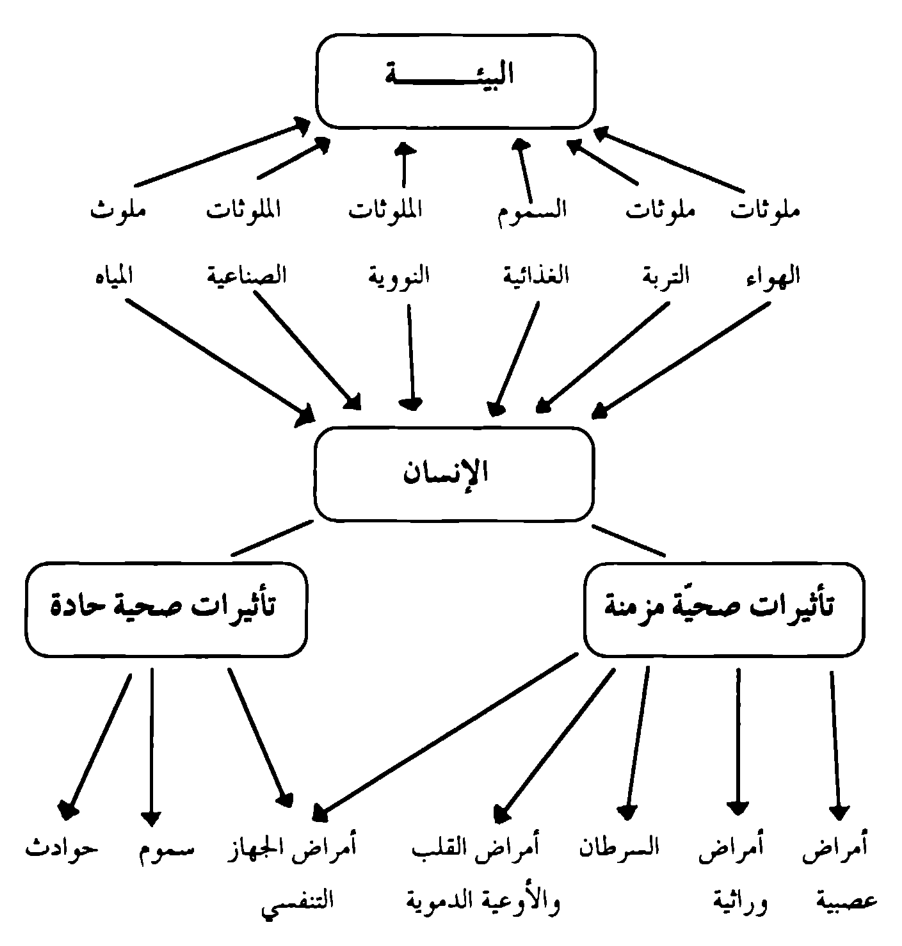
٥ – تتضرر كثير من أنواع النباتات من الأشعة الفوق بنفسجية ، ويؤدي ازدياد تعرضها لجرعات أكبر إلى إنخفاض المردود الزراعي .

٦ – تتضرر منها الطحالب والبلانكتون النباتية ، وبالتالي بشكل غير مباشر تتضرر الأسماك التي تتغذى عليها .

٧ – تهدد التوازن الغذائي العالمي الهش .

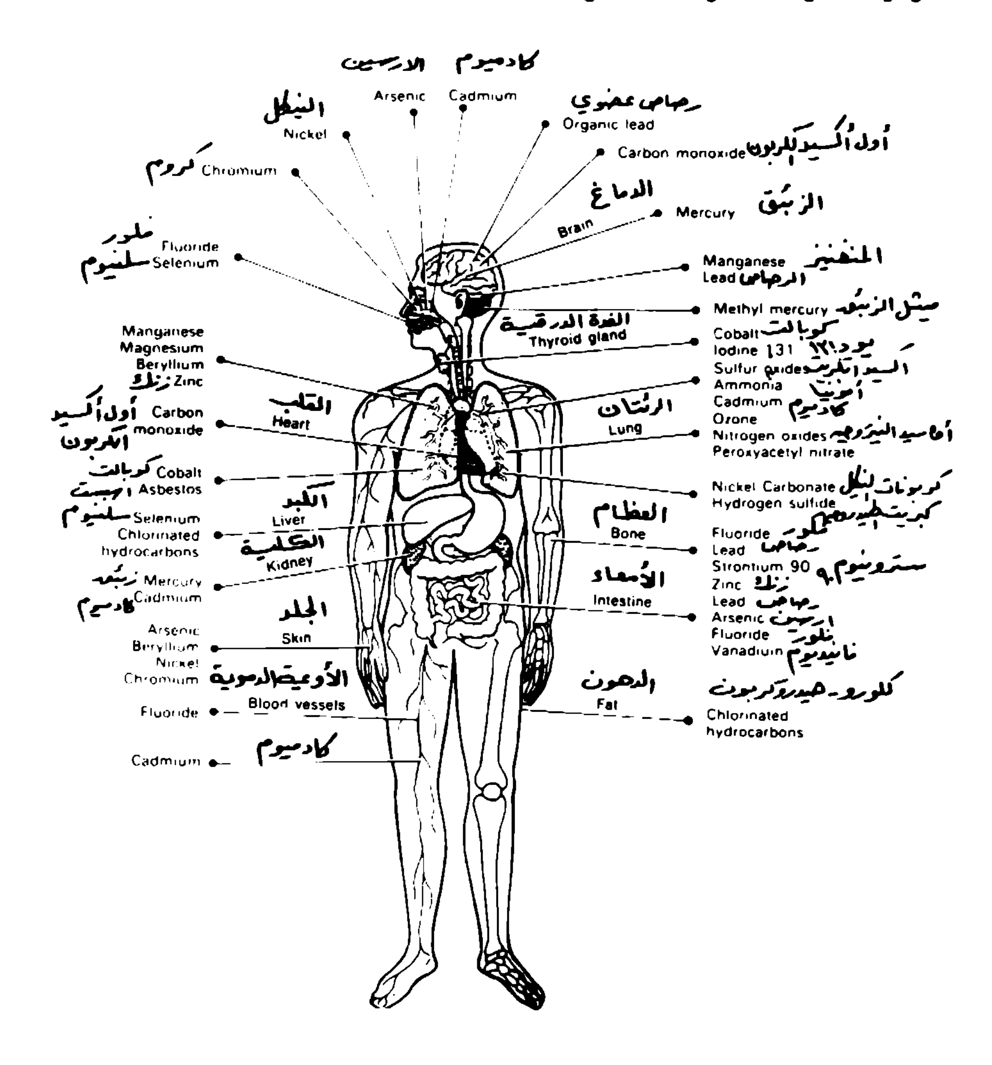
والتلوث البيئي ، كعامل من العوامل الأساسية التي لها علاقة بصحة الانسان ومرضه ، يعتبر واحداً من أهمها وأشدّها خطورة . ومن هنا أصبح الإهتمام موجهاً إلى دراسة النتائج الصحية والمرضية التي تفاقمت أخطارها بسبب تلوث البيئة وتزايد

السموم التي تضاف يوماً بعد يوم إلى مظهر من مظاهرها كأمراض السرطان وبخاصة سرطان الرئة ، وأمراض الدورة الدموية والقلب والمعدة والأمعاء . وتشير بعض دراسات الصحة العالمية على سبيل المثال لا الحصر ، أنّ حوالي ٧٥٪ من أمراض السرطان الجديدة التي تظهر في وقتنا الحاضر ترجع إلى عوامل بيئية من بينها (التلوث البيئي) . وباختصار ، يبين الشكل (١٦-٩) **المخاطر الرئيسية للتلوث البيئي على الإنسان** .



الشكل(١٦-٩)
المخاطر الرئيسية للتلوث البيئي على الإنسان

وبشكل أكثر تحديداً ، يوضح الشكل (١٦-١٠) الملوثات البيئية الرئيسية التي يمكن أن تؤثر على الإنسان وأعضاء الجسم المختلفة التي يمكن أن تتأثر بها . ويلاحظ من الشكل (١٦-١٠) أنّ الأعصاب الحساسة في الجسم غالباً ما تتأثر بالملوثات البيئية ، وبخاصة الملوثات الهوائية ، كما في أعضاء الدماغ ، والقلب والأوعية الدموية ، والرئتين ، والكبد ، والكليتين ، والأمعاء .



الشكل(١٦-١٠)

الملوثات البيئية المؤثرة على أعضاء الجسم المختلفة

المحافظة على البيئة ومكافحة التلوث

على الرغم أنّ علاقة الإنسان بالبيئة ، قد تمخضت عن منجزات حضارية عظيمة ؛ إلاّ أنّها قد حملت في طياتها بعض العوامل المخلّة بالتوازن البيئي واستقراره . وقد اتضح هذا الإخلال بالتوازن البيئي في مظاهر التلوث في الهواء والماء والغذاء ... التي تتضمن مؤشرات ودلالات خطيرة بالنسبة لمستقبل البشرية . وعليه ، فإنّ السؤال الذي يطرح نفسه هو : **ما هو دور الإنسان في المحافظة على البيئة** ؟ وكيف يمكن مكافحة التلوث بأشكاله وصوره المتعددة ؟ على الرغم من صعوبة الإجابة عن هذه التساؤلات ، إلاّ أنّه يعتقد أن (الإنسان) نفسه هو القادر على الحدّ – في حدود معينة – من مشكلات البيئة وتفاقمها . وكذلك ، على الرغم من صعوبة اجتثاث المشكلات البيئية ، إلاّ أنّه لابد من المحافظة على البيئة من خلال **الممارسات والاقتراحات والتوصيات البيئية التالية** :

١ – إنّ المخاطر الكبيرة التي تهدد معظم أشكال الحياة بالفناء دفعت ، ويجب أن تدفع دول العالم ، إلى دراسة هذه المخاطر للوقوف على حقيقتها ومسبباتها ومحاولة الحدّ من آثارها السيئة . وكتطبيق عالمي على ذلك ، انعقد مؤتمر دولي لحماية البيئة في لاهاي – هولندا عام ١٩٨٩ كترجمة حقيقية لهذا التوجه السليم لمكافحة التلوث البيئي بكل السبل والأساليب الممكنة . وقد تميز هذا المؤتمر عن غيره من المؤتمرات الدولية الأخرى بمشاركة عربية ، ومنها الأردن ، أظهرت للعالم الإهتمام العربي لمشاكل التلوث البيئي العالمي والمحلي ، وبخاصة إذا ما علمنا أنّ حدوث التلوث البيئي في دولة ما لا يقتصر تأثيره على بيئة تلك الدولة بل يتجاوز إلى محيط دول أخرى مجاورة . ولهذا لابد من تعاون دولي لحماية ومكافحة كل صور التلوث بأشكاله وأنواعه المختلفة .

والقانون الدولي قد يكون هو القادر على تنظيم مسؤولية الدولة لمنع إحداث الضرر لعناصر البيئة المختلفة وحل المشكلات البيئية التي تنشأ بين الدول كما حدث مؤخراً بين الولايات المتحدة وكندا حول مسألة انتقال سحب (الأمطار الحامضية) التي تسببت مصانع بها ومعامل الولايات المتحدة إلى كندا وتلويثها للبيئة الكندية ، وغيرها

من المشكلات البيئية التي حدثت بين بعض الدول حول أزمة طرح النفايات السامة والنووية . وعليه، فإنّ توقيع الدول على معاهدة دولية بالإلتزام بعدم إحداث الضرر للبيئة المحلية والدولية قد يكون طريقاً سليماً - إن أمكن تطبيقه - للمحافظة على التوازن البيئي ومكافحة التلوث .

٢ - سن القوانين والأنظمة وبخاصة في الدول الصناعية ، لإلزام أصحاب المصانع الكبيرة بأن يتبعوا أساليب معينة لتقليل صور التلوث ما أمكن ذلك ، ولإبعاد الدخان المتصاعد من المصانع عن الأحياء السكنية ؛ كأن تكون مداخن المصانع عالية بدرجة لا تسمح للدخان المتصاعد منها أن يصل إلى المساكن البشرية مباشرة . وكذلك ، إبعاد المدن الصناعية ومراكز النقل والمواصلات خارج المدن ذات الكثافة السكانية العالية .

٣ - إذا كانت عبارات (أوزون) (وكلوروفلوروكربون) ما زالت لا تستخدم في لغة الناس العادية ، فإنّه لم يعد أحد يشك الآن في المخاطر التي تتعرض لها طبقة الأوزون . وطبقة الأوزون هذه ، هي طبقة ثمينة جداً ، وهي التي تحمينا من خطر الأشعة فوق البنفسجية . والأوزون في الواقع هو الوحيد القادر على فلترة وتصفية هذه الأشعة الفائقة الضرر . وللأوزون عدو وهو مادة - الكلوروفلوروكربون - التي تشكل مجموعة من العوامل الكيميائية ذات الاستخدامات المتعددة .ولقد تبيّن عام ١٩٨٥ أنّ نسبة الأوزون فوق القطب الجنوبي قد انخفضت بحوالي ٤٠٪ ، وقد كان المختصون في البداية يأملون بأن تكون هذه الظاهرة محلية ومؤقتة ، إلاّ أنّه سرعان ما اتضح أنّ طبقة الأوزون متضررة بصورة خطيرة . وعليه ، فإنّها مسؤولية البلدان الصناعية للحد من إنتاج مادة (الكلوروفلوروكربون) في أقرب وقت ممكن . وكتطبيق على ذلك ، تعهدت بعض دول العالم الصناعية ، ومن بينها دول المجموعة الإقتصادية الأوروبية ، بالحد من إنتاج هذه المادة وتخفيض استخدامها بنسبة (٥٠٪) قبل نهاية القرن الحالي . وفي هذا الصدد ، طلبت بعض الدول النامية مؤخراً إنشاء صناديق مساعدة للبلدان النامية من البلدان المنتجة لمادة (كلوروفلوروكربون) .

٤ - تنظيف الجو الذي اتسخ نتيجة قيام الصناعات المحمومة ، فلقد ذكرت

التقارير البيئية أن نسبة غاز الفحم قد ازدادت بنسبة ٩٪ خلال خمس وعشرين سنة فقط ، في حين لم ترتفع هذه النسبة إلاّ بحوالي ٣٠٪ خلال مائتين وخمسين عاماً . ومن هنا لم يعد باستطاعة المحيطات امتصاص هذه الكميات الفائضة ؛ وتعتبر المحيطات (مركز نفايات أو مزابل) رائعة لغاز الفحم مما يؤدي إلى إرتفاع حرارة الأرض (+٥ر٠٪ خلال مئة سنة) . وإذا استمرت هذه الظاهرة ، فإنّه سوف يزداد خطر التبخر وينتشر في الجو غاز الفحم المتواجد في طبقات المياه السطحية . وإن ازداد – غاز الفحم – تركيزه في الجو فإنّه يعوق عودة المزيد من أشعة الشمس إلى الفضاء ويتمسك بها فتزداد كمية الطاقة المتبقية في الجو وبالتالي ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية بأخطارها المختلفة .

٥ – هناك عوامل طبيعية تعمل على تنظيف الجو نسبياً وتقليل الشوائب في الهواء الجوي من بينها ما يلي :

أ – **الأمطار** ، تغسل الجو مما يعلق به وتذيب ما به من غازات .

ب – **الرياح** ، تجدد الهواء باستمرار .

جـ – **النباتات** ، من خلال عملية التركيب الضوئي التي تستخلص الكربون من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو نهاراً وتحوله إلى مواد كربوهيدراتية (سكرية) مع إطلاق الأكسجين .

د – تأكسد المواد العضوية الموجودة في الجو بالأكسجين الجوي ، حيث تتحول إلى مواد غير ضارة نسبياً .

٦ – التوجه نحو الطاقات البديلة ، والبحث عن بدائل ومصادر أخرى للطاقة غير أنواع الوقود (الطاقة) التقليدية كما في استخدام :

أ – **الطاقة الشمسية** ، وتحويلها مباشرة إلى كهرباء لإنارة القرى والمدن بدلاً من بناء محطات الطاقة التي تعمل بالوقود أو الفحم . والبحوث العلمية في الاستفادة من الطاقة الشمسية تبشر بالخير حيث أمكن استخدامها في بعض وسائل النقل من جهة ، وبفاعلية أكبر فيما يتعلق بتسخين الماء وتدفئة المنازل

من جهة أخرى .

ب – طاقة المياه جـ – طاقة الرياح . د – طاقة المد والجزر .

٧ – **الطاقة النووية** كطاقة بديلة تقلّل من التلوث البيئي ؛ حيث تعتمد دول صناعية عديدة ، وبنسب مختلفة ، على إنتاج الطاقة من خلال الإعتماد على الطاقة النووية وبخاصة بعد ما عُرف بأزمة الطاقة في السبعينات في الدول الصناعية . وينتج من انشطار غرام واحد منها كمية من الطاقة تكافئ ما يتولد من إحتراق حوالي ثلاثة أطنان من الفحم ، أو حوالي أربعة عشر برميلاً من النفط الخام . كما أنّ تكلفتها تتراوح ما بين نصف إلى خُمس تكلفة استخراج الطاقة من الوقود التقليدي . هذا ، وعلى الرغم من فوائد استخدام الطاقة النووية بيئياً ، إلاّ أنّها سيف ذو حدين ؛ حيث إنّ خطر الإنفجارات – غير المقصودة – والتسربات الإشعاعية من المصانع النووية قائمة الإحتمال – كما حدث في مفاعل تشيرنوبل – مما قد يؤدي إلى كارثة بشرية وبيئية لا يُحمد عقباها . ومن هنا ينبغي أن تكون وسائل الأمن فيها مئة في المئة وهذا أمر قد يصعب تحقيقه في ظل الظروف الدولية الراهنة .

٨ – التخلص من القمامة والنفايات والفضلات البشرية والحيوانية من خلال الممارسات التي تعمل على الحدّ من التلوث البيئي بها كما في :

أ – حرق النفايات إمّا داخل أفران مصمّمة خصيصاً لذلك ، أو بالطمر أو الردم للإستفادة في ردم الأراضي المنخفضة .

ب – إعادة تصميم الآلات ذات الإحتراق الداخلي لتقليل إنتاجها من الملوثات البيئية المختلفة .

جـ – تقليل (أو حظر) استعمال الوقود المحتوي على نسبة عالية من الكبريت .

د – إعادة التصنيع Recycling كما في فضلات الطعام والمواد العضوية الموجودة بها إلى سماد عضوي للزراعة ؛ وإعادة صهر المعادن ، والورق إلى ورق تغليف وكرتون ، والخشب ، والزجاج ، ومنتجات البلاستيك .

٩ – الإتزان والعقلانية في استخدام المبيدات على اختلاف أنواعها في البيئة أمر

حيوي للحد من تلوث البيئة من جهة ومكافحة التلوث إلى حد ما من جهة أخرى . فالاستمرار في حقن البيئة بالمواد الهيدروكربونية المتضمنة في المبيدات ، له عواقب وخيمة على حيوية البيئة وفاعليتها . ولهذا لا بد من تنظيم المكافحة الكيماوية للآفات وتشجيع المقاومة الحيوية .

١٠ - **الحدّ من الإنفجار السكاني** ، وتنظيم الأسرة ، والإستقرار في عدد السكان عند حدّ أمثل مناسب ، والتوازن مع النمو الإقتصادي . حيث إنّ الكثافة السكانية (المنخفضة) للإنسان ، تقلّل من المنافسة ، وتحمي التنوع العضوي ، وتقلل التلوث ، وتخفض التهافت على الموارد البيئية المتناقصة بوجه عام .

١١ - **المحافظة على النظم البيئية** التي تؤمن للإنسان حياة أفضل ، وبخاصة أنّ مصير الإنسان بيولوجياً يرتبط بالتوازن البيولوجي والسلاسل الغذائية التي تميز النظم البيئية . وفيما يلي بعض **السبل والممارسات** لتحقيق ذلك :

أ - الإدارة الجيدة للغابات والمراعي الطبيعية .

ب - الإدارة الجيدة للأراضي الزراعية ، والتخصيب المناسب للأراضي الزراعية .

جـ - تحسين نوعية التربة ومكافحة وسائل انجرافها .

د - تنظيم المكافحة الكيماوية للحشرات والآفات الميكروبيولوجية الأخرى ، وتشجيع المقاومة الحيوية .

هـ - الزحف إلى الصحراء واصلاح الأراضي الزراعية والمرتفعة .

و - تنظيم استخدام الأراضي بما يتلاءم مع الزيادة السكانية واحتياجاتهم المعيشية والحضرية .

١٢ - تعزيز أخلاقيات **الوعي البيئي والصحي** من خلال مراعاة المبادئ التالية :

أ - الأرض نظام مقفل تحتوي على كميات محدودة من الماء والغذاء والهواء والسعة للنفايات .

ب – التربة الجيدة ضرورية للحياة على الأرض .

جـ – تطبيق مفاهيم البيئة وأساسياتها لتطويع البيئة الطبيعية لخدمة الإنسان بشكل مناسب .

د – تنمية سلوك المحافظة على الطاقة وترشيد الإستهلاك .

هـ – تنمية الإتجاهات البيئية المناسبة المرغوبة نحو البيئة ومعالمها الطبيعية ، وبالتالي تعديل الأنماط السلوكية (السلبية) البيئية .

١٣ – **التربية البيئية** ، للتربية البيئية والوعي البيئي دور مهم في المحافظة على البيئة ومكافحة التلوث محلياً وعالمياً ، حيث أصبحت (التربية البيئية) موضع اهتمام متزايد من المجتمع الإنساني على المستويات الإقليمية والعالمية . **وتهدف التربية البيئية** بوجه عام، إلى تطوير عالم يكون سكانه أكثر وعياً واهتماماً بالبيئة ومشكلاتها ؛ وكذلك بناء إطار على المستوى المحلي والدولي ، بهدف المحافظة على البيئة كجانب رئيسي من نظام القيم الإجتماعية ، ومكافحة التلوث البيئي ، وتدعيم هذاالجانب في طريقة تفكير الإنسان وشعوره وسلوكه .

وعليه ، ينبغي **التركيز في التربية البيئة** على تنمية المعارف والمفاهيم والقيم الإنسانية والاتجاهات البيئية الجديدة بحيث يجري توجيهها نحو نوعية أفضل للبيئة . وكذلك تنمية الوعي البيئي والإهتمام العالمي ، فرادى وجماعات ، لحل المشكلات القائمة والحيلولة دون ظهور مشكلات بيئية جديدة ما أمكن ذلك . ولتحقيق ذلك ، ينبغي أن تكون التربية البيئية مكوناً أساسياً في المناهج الدراسية في النظم التعليمية الإقليمية والعالمية ، بحيث تتضمن بناء مواد تعليمية تعلمية تتكامل داخل المناهج الدراسية الأخرى ، وبمضمون بيئي يستثير دافعية المتعلمين نحو فهم البيئة ومشكلاتها، ويحفزهم إلى حمايتها وصيانتها تحقيقاً لأهداف التربية البيئية للمحافظة على البيئة ومكافحة التلوث وبالتالي المحافظة على الإنسان وبيئته .

المراجع

اسكندر عجّان . **المدخل إلى علم الحيوان** . الطبعة الثانية ، دمشق : جامعة تشرين – كلية الزراعة ، (١٩٧٦) .

آشلي مونتاجيو . **الوراثة البشرية** . ترجمة زكريا فهمي . الطبقة الأولى ، مكتبة الانجلو المصرية ، القاهرة ، (١٩٨٦) .

تريسي ستورد وزملاؤه ، **أساسيات علم الحيوان** . ترجمة محمد سليمان وزملائه . نيويورك : ماكروهيل للنشر ، (١٩٨٤) .

عايش محمود زيتون . **بيولوجيا الإنسان : مبادئ في التشريح والفسيولوجيا** . الطبعة الأولى ، دار عمّار للنشر والتوزيع ، عمان ، (١٩٩٠) .

عايش محمود زيتون . **مدخل إلى بيولوجيا الإنسان** . الطبعة الثانية . عمّان ، (١٩٨٧).

عائدة عبد الهادي ، **فسيولوجيا جسم الإنسان** . عُمان : وزارة التربية والتعليم . (١٩٨١) .

عبد العزيد طريح شريف ، **البيئة وصحة الإنسان في الجغرافيا الطبيّة** . الإسكندرية : دار الجامعات المصرية ، (١٩٨٦) .

كينيث ميلاني ، **بايولوجية التلوث** . ترجمة أزهار الصابونجي وتلفان أحمد . العراق : جامعة البصرة (١٩٨٤) .

محسن شكري ، **علم الحيوان العام** . دار المطبوعات الجديدة . (١٩٨٤) .

محمد سليم صابر وعبد الرحيم عشير ، **علم حياة الإنسان** . الطبعة الأولى ، بغداد : دار المعارف ، (١٩٨٦) .

محمد صابر سليم ، **مرجع المعلم في بيولوجيات الجماعات البشرية** . يونسكو ، الدول العربية ، القاهرة ، (١٩٨١) .

محمد مروان السبع ، **المدخل إلى علم الحياة الحيوانية** . حلب : منشورات جامعة حلب - كلية الطب ، (١٩٧٦) .

محمد يحيى حسين ، **فسيولوجيات الحيوان : الفسيولوجيات العامة والهرمونات والتناسل** . الطبعة الأولى ، الناشر : مكتبة الأنجلو المصرية ، (١٩٧٦) .

ناطق محمود العكام وخير الدين محي الدين . **فزيولوجيا الحيوان العام** . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل ، العراق (١٩٨٤) .

Boolootian , R. , **Zoology : An introduction to the study of animals** . Macmillan publishing Co., Inc., Ny., (1979)

Broorks , Stewart m. **Basic Science and the Human body** . The C.V Mosby Company . (1975) .

Case , James F. **Biology** . 2nd ed. Macmillan Publishing Co., Inc. N.Y, (1979) .

Clark, Mary E. **Contemporary Biology** . 2nd. ed. W. B. Saunders Company, (1979).

Curtis , Helana . **Invitation to bioloby** . 2nd ed. Worth Publishers , Inc., (1977) .

Evans, Willian F. **Anatomy and Physiology**. 2nd. ed. Prentice - Hall. Inc., Engleyood Cliffs , New Jersey , (1976) .

Fich , K. L. and P. B. Johanson . **Human Life Science** . Holt , Rinehart and Winston, (1977) .

Goldsby , Richard A. **Biology**. 2nd ed. Harper and Row publishers N. Y., (1979) .

Herreid 11 , Clyde f. **Biology** , Macmillan publishing Co., Inc. (1977) .

Hickman Sr., Cleveland P. et. al. **Integrated Principles of Zoolo-**

gy . 6th . ed. The C. V. Mosby Company , (1979) .

Lane , T. R. et al., **Life , the Individual , the Species** . The C. V. Mosb Company, Saint Louis , (1976) .

Sherman , I. W. and V. G. Sherman . **Biology : A Human Approach** . 2nd ed. Oxford Univ. Press, N. Y, (1979) .

Spence , A. P. and E. B. Mason. **Human anatomy and Physiology**. The Benjamin / Cummings Puplishing comp . Inc., Menlo Park, Califonia , (1979) .

Storer , T. et al., **Elements of Zoology** . Fourth ed., McGraw - Hill Book Company , Ny., (1977).

Villee , C. A. et al. ; **Introduction to Animal Biology** . W. B. Saunders Co., Philandelphia , (1979) .

Wallace , Robert A. **Biology** : **The World of Life** . 2nd. ed. Goodyear Publishing Co., Santa Monica, California . (1978) .

Welch , C. A. et al., **Biological Sciences , Molecules to Man.** BSCS , Theacer's ed., Rev. ed., Houghton Mifflin Co., N. Y, (1968) .

Wilson, D. B. and W. J. Wilson. **Human Anatomy** . Oxford Univ . Press, Inc. (1978) .

Willon, Wilferd J. et. al. **Biology** : **An Appreciation of Life** . CRM Books, Del Mar , California , (1972) .

Winchester , a. M. **Human Genetics** . Charles E. Merrill Publishing Comp., Columbus, Ohio (1971) .

علم حياة الإنسان

ان الفكرة الاساسية لهذا الكتاب هي : الانسان الكائن الحي نفسه الذي يهم أمره القارىء والباحث ، والمعلم (المربي)، والأستاذ الجامعي ، والطبيب والمهندس ، والمحامي والقاضي ، والتاجر ، والمزارع ، والأم والأب .... وغيرهم من القارئين المهتمين الذين يتعاملون (باستمرار) مع الانسان والنفس الانسانية ويجدون اهتماماً وميولاً علمية بيولوجية شيقة في التعرف الى علم حياة الانسان وبيولوجيته .

وعليه ، يهدف هذا الكتاب بشكل أساسي إلى تعريف القارىء (والباحث) وكل الراغبين في المعرفة العلمية والثقافية البيولوجية الانسانية بعلم حياة الانسان بوجه عام ، وبيولوجية الانسان بشكل خاص بما فيه تشريح جسمه وفسيولوجية اجهزته وأعضائه سواء بسواء . ويتطلب هذا الهدف بداية ، تبيان هوية الإنسان وموقعه بيولوجياً في سلم تصنيف الكائنات الحية ، بوجه عام والمملكة الحيوانية بشكل خاص .

المؤلف



دار الشروق للنشر والتوزيع

المركز الرئيسي - عمان - الأردن / تلفون ٤٦١٨١٩٠ - ٤٦١٨١٩١ - ٤٦٢٤٣٢١
فاكس : ٤٦١٠٠٦٥ - ص . ب ٩٢٦٤٦٣ - عمان ١١١١٨ الأردن
فرع الجامعة الأردنية - تلفون : ٥٣٥٨٣٥٢
E-mail: shorokjo@nol.com.jo

ISBN 9957-00-069-1

